ALFAMA CURSOS

alfamacursos.com.br

# Alfama Cursos

**Antônio Garcez**
**Fábio Garcez**
Diretores Geral

**Antônio Álvaro de Carvalho**
Diretor Acadêmico

**MATERIAL DIDÁTICO**

**Produção Técnica e Acadêmica**

**Marcela Menezes Flores**
Coordenadora Geral

**Patrícia Queiroz de Meneses**
Coordenadora Pedagógica

**José Alves Correia Neto**
**Renata Jacomo Viana**
Autoria

**Gabriella Caroline Teles Silva**
**Sabina Regina Conceição Santos**
Revisão Textual

**Rafael Rezende de Farias**
Editoração

Todos os direitos reservados e protegidos pela Lei 9.610 de 19/02/98.
É proibida a reprodução total ou parcial, por quaisquer meios, sem autorização prévia, por escrito, da ALFAMA CURSOS.

**alfamacursos.com.br**

# Eletricidade e Eletrônica Aplicada

# Apresentação do Curso

Caro estudante,

É com muita satisfação que temos sua companhia. Neste curso, estudaremos noções de eletricidade e eletrônica e suas aplicações. Começaremos conhecendo as características do átomo, seguindo com o estudo sobre algumas definições essenciais ao desenvolvimento da eletricidade e da eletrônica, além do magnetismo que é tão presente em nossas vidas. Terminamos com o estudo sobre os instrumentos de medida e ferramentas de manutenção.

# Apresentação do Professor

**Bento Francisco dos Santos Júnior** é graduado em Física Licenciatura pela Universidade Federal de Sergipe (2004), mestre em Física pela Universidade Federal de Sergipe (2006) e também, doutor em Física pela Universidade Federal de Sergipe. Leciona na Faculdade de Administração e Negócios de Sergipe (FANESE) e na Faculdade de Ciências Educacionais de Sergipe (FACE). Tem experiência na área de Física, com ênfase em Nanotecnologia e Estrutura de Sólidos; Cristalografia, atuando, principalmente, nos seguintes temas: cimento, minerais, eletricidade, gerador e ensino.

# Componente Curricular

**EMENTA:**

A ementa deste curso é caracterizada pelo estudo dos seguintes tópicos: estrutura atômica, interações elétricas, campo elétrico, corrente elétrica, tensão elétrica, resistência elétrica, resistor, capacitor, lei de Ohm, associação de resistores, potência elétrica, definição de metais e aplicações básicas, definição de polímeros e aplicações básicas, semicondutores, estudo básico sobre diodos e transístores, fio, conceitos básicos sobre redes monofásica e bifásica, conceito de potências ativa e reativa, conceito de fator de potência, choque elétrico, aterramento residencial e ferramentas básicas.

**OBJETIVO**

O objetivo deste curso é fazer com que o aluno apresente, no decorrer do curso, as habilidades de reconhecer tensão, corrente e potência elétricas. Além de conhecimento básico de eletrônica e das leis física que descrevem o comportamento da eletricidade. Além disso, o aluno deverá ter a capacidade de descrever as funções do multímetro e das ferramentas utilizadas.

**HABILIDADES E ATITUDES ESPERADAS:**

- Reconhecer os componentes básicos da eletrônica.
- Medir grandezas básicas da eletricidade.

**PÚBLICO-ALVO:**

Pessoas interessadas em ter um conhecimento básico sobre eletricidade e eletrônica. Além de suas aplicações básicas.

# Índice


Capítulo 1 - Estrutura atômica ..... 9
1.1 - O átomo ..... 9
1.2 - Átomo estável e instável ..... 10
1.3 - Exercícios propostos ..... 11
Capítulo 2 - Eletrostática ..... 12
2.1 - Interações elétricas ..... 12
2.2 - Campo eletrostático ..... 12
2.3 - Exercícios propostos ..... 14
Capítulo 3 - Eletrodinâmica ..... 15
3.1 - Corrente elétrica ..... 15
3.2 - Tensão elétrica ..... 15
3.3 - Geradores de tensão ..... 16
3.4 - Exercícios propostos ..... 18
Capítulo 4 - Resistência, resistor e capacitor ..... 19
4.1 - Resistor e resistência elétrica ..... 19
4.2 - Capacitores ..... 21
4.3 - Exercícios propostos ..... 22
Capítulo 5 - Lei de ohm e associação de resistores ..... 23
5.1 - Lei de ohm ..... 23
5.2 - Associação de resistores ..... 23
5.2.1 - Associação em série ..... 23
5.2.2 - Associação em paralelo ..... 24
5.3 - Potência elétrica ..... 24
5.4 - Exercícios propostos ..... 26
Capítulo 6 - Materiais elétricos ..... 27
6.1 - Metais ..... 27
6.2 - Polímeros ..... 28
6.3 - Semicondutores ..... 29
6.4 - Exercícios propostos ..... 31
Capítulo 7 - Componentes eletrônicos ..... 32
7.1 - Semicondutores tipo n e tipo p ..... 32
7.2 - Diodo ..... 33
7.3 - Transístor ..... 33
7.4 - Circuito integrado ..... 34
7.5 - Exercícios propostos ..... 35
Capítulo 8 - Instalações elétricas ..... 36
8.1 - Fios ..... 36
8.2 - Redes monofásica e bifásica ..... 37
8.3 - Potências ativa e reativa ..... 38
8.4 - Fator de potência ..... 39
8.5 - Exercícios propostos ..... 40
Capítulo 9 - Segurança ..... 41
9.1 - Choque elétrico ..... 41
9.2 - Aterramento elétrico ..... 43
9.3 - Exercícios propostos ..... 45
Capítulo 10 - Magnetismo ..... 46
10.1 - Linhas de campo magnético ..... 47
10.2 - Relação entre magnetismo e corrente elétrica ..... 47
10.3 - Exercícios propostos ..... 49
Capítulo 11 - Instrumentos de medida ..... 50
11.1 - Características ..... 50
11.2 - Medição ..... 51
11.3 - Exercícios propostos ..... 54
Capítulo 12 - Ferramentas ..... 55
12.1 - Soldador ..... 55

12.1.1 - Técnicas de soldagem ..... 55
12.2 - Ferramentas de aperto e desaperto ..... 56
12.2.1 - Chave fixa ..... 56
12.2.2 - Chave allen ..... 56
12.2.3 - Chave de fenda phillips ..... 57
12.2.4 - Chave de fenda com sextavado ..... 57
12.3 - Exercícios propostos ..... 58
Respostas dos exercícios propostos ..... 59
Referências ..... 62

## 1 - ESTRUTURA ATÔMICA

Neste capítulo falaremos sobre eletricidade básica, ou seja, corrente elétrica, tensão elétrica e potência elétrica. Mas antes, é necessário sabermos o conceito de átomo, pois são os elétrons, partículas constituintes do átomo, que transmitem a corrente elétrica.
Imaginemos o mundo sem eletricidade? Como seria? Teria como nos adaptar?

A eletricidade desempenha um papel muito importante, pois permite uma comunicação mais rápida entre os países (internet), além de fazer com que computadores, motores, aparelhos domésticos e iluminação pública funcionem.
Para prosseguirmos com este assunto, necessitamos definir eletricidade. Mas antes, temos que diferenciar Eletrostática e Eletrodinâmica.

"Eletrostática é uma parte da eletricidade que estuda o comportamento das cargas elétricas (por exemplo, elétrons) em repouso. Cujos temas relacionados são: interação elétrica, eletrização, descargas elétricas e outros".

"Eletrodinâmica é uma parte da eletricidade que estuda o comportamento das cargas elétricas em movimento em um circuito elétrico. Os circuitos elétricos são classificados como sendo de corrente contínua e corrente alternada".

### 1.1 - O ÁTOMO

A matéria é tudo aquilo que possui certa massa e ocupa lugar no espaço. Os átomos, no entanto, são os constituintes da matéria e as partículas que os constituem são: elétrons, prótons e nêutrons. Os elétrons, de fundamental importância na eletricidade, possuem carga negativa (-), os prótons carga positiva (+) e os nêutrons não possuem carga.

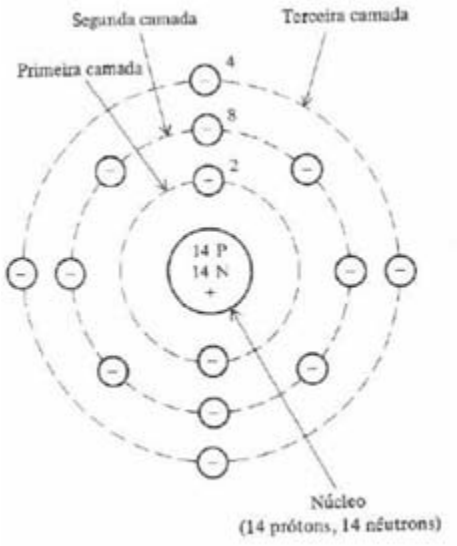



Figura 1 - Estrutura atômica

Os elétrons ficam orbitando ao redor do núcleo (prótons e elétrons) do átomo, conforme a figura 1. Como podemos, observar os elétrons estão localizados em camadas, quanto maior a camada menor é a interação dos elétrons com o núcleo. Além disso, é possível observar que a primeira camada possui dois, a segunda oito e a terceira quatro elétrons. Cada átomo contém determinada quantidade de elétrons que são distribuídas ao longo das camadas eletrônicas e cada uma destas pode ter um número máximo de elétrons, ou seja, a primeira camada que é representa da pela letra K pode ter no máximo dois elétrons. Este fato é melhor representado pela figura 2.

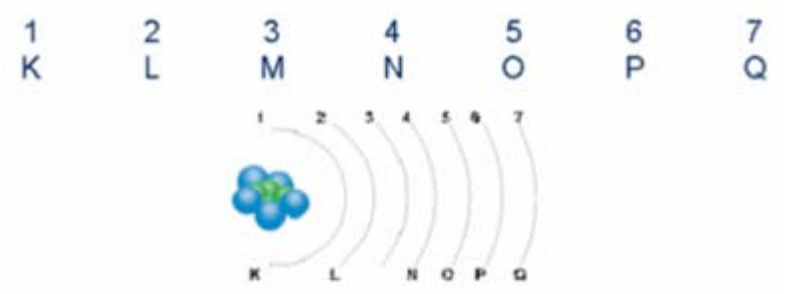



Figura 2 - Camadas de energia

O átomo mais simples presente na natureza é o átomo de hidrogênio, pois contém um elétron em órbita ao redor de um próton (figura 3). O segundo átomo mais simples é o átomo de hélio, pois possui dois elétrons orbitando dois prótons (figura 3).

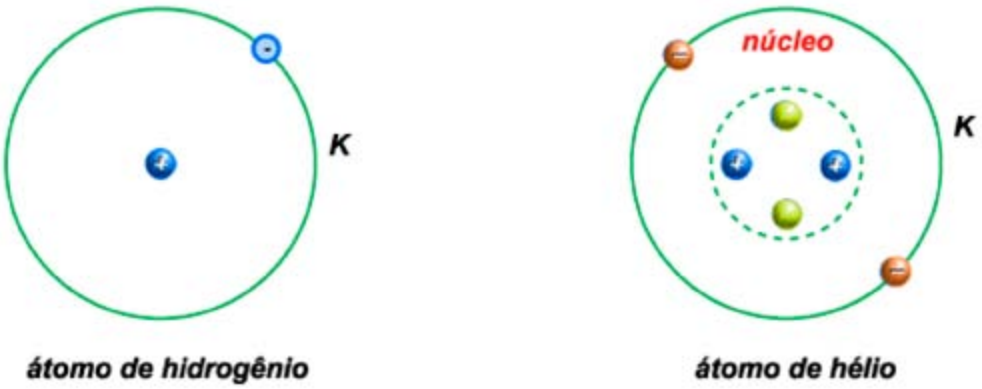



Figura 3 - Representação dos átomos de hidrogênio e de hélio

## 1.2 - ÁTOMO ESTÁVEL E INSTÁVEL

A quantidade de energia dos elétrons está associada à distância entre as camadas eletrônicas e o núcleo, isto é, os elétrons que estão em camadas mais distantes do núcleo possuem menor energia do que os que estão mais próximos.
Sendo assim, o átomo é estável quando possue a mesma quantidade de elétrons e de prótons. Os elétrons que estão na camada mais distante são chamados de elétrons de valência, mas quando um átomo recebe uma quantidade de energia (por exemplo, elétrica ou luminosa) faz com que o elétron salte para uma camada mais distante. Neste caso, dizemos que o átomo está excitado, portanto instável.

CURIOSIDADE

Alguns elétrons que estão em camadas mais distantes do núcleo podem abandonar o átomo e passarem a se mover livremente, ou seja, tornando-se elétrons livres. É graças a eles que recebemos energia elétrica em nossas casas.

### Você sabia?

Por que os fios de cobre são mais utilizados no transporte de energia elétrica? Porque ele possui um elétron a mais do que o necessário para completar a camada eletrônica.

## 1.3 - EXERCÍCIOS PROPOSTOS

1) Qual partícula pode se mover no átomo?

_____
_____
_____

2) Marque verdadeiro ou falso.

( ) O núcleo do átomo é composto somente de elétrons.
( ) Os prótons podem sair do átomo.
( ) As cargas de sinais contrários se atraem.
( ) Somente haverá campo eletrostático se os corpos estiverem carregados.

## 2 - ELETROSTÁTICA

### 2.1 - INTERAÇÕES ELÉTRICAS

Os átomos também são capazes de receber ou de ceder elétrons. Em virtude disso, quando um corpo possui elétrons a mais, dizemos que ele possui carga negativa, mas quando há falta de elétrons, dizemos que ele está com carga positiva.

**ATENÇÃO!**

Você tenta aproximar um corpo com carga elétrica negativa a outro com carga elétrica positiva. Você conseguirá? A resposta é sim, porque um corpo necessita perder elétrons e o outro receber, logo, eles tendem a se aproximar para chegar ao equilíbrio.

Utilizando o que foi dito acima, podemos chegar a seguinte conclusão:

- cargas elétricas de sinais opostos se atraem;
- cargas elétricas de sinais iguais se repelem, pois jamais um corpo que necessita de elétrons irá se aproximar de outro que também necessita.

As características apresentadas acima podem ser observadas na figura 4.

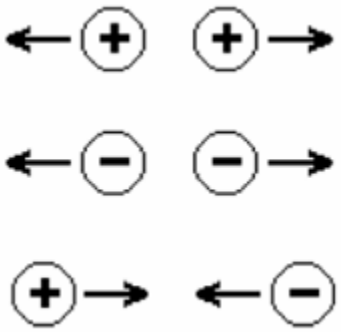


Figura 4 - Representação da ação da força eletrostática sobre as cargas

### 2.2 - CAMPO ELETROSTÁTICO

Toda carga elétrica possui a capacidade de exercer uma força. Esta força, chamada de força eletrostática, existe devido à presença de um campo eletrostático que envolve a carga ou corpo carregado. O campo eletrostático ou campo elétrico pode ser representado por linhas de campo, conforme a figura 5. Caso duas cargas de polaridades opostas forem colocadas próximas uma da outra, o campo eletrostático se concentrará na região entre elas. Entretanto, caso duas cargas de mesma polaridade forem colocadas uma próxima da outra, ocorrerá a repulsão das linhas de força.

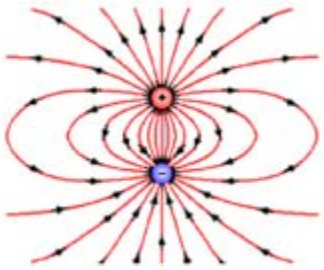


Figura 5 – Representação do campo elétrico entre duas cargas de polaridades opostas

## Você sabia?

O para-raios é colocado em locais altos para diminuir a distância das nuvens e, portanto, forçar os elétrons presentes nas nuvens carregadas a descerem através do para-raios, protegendo, assim, as residências.

Figura 6 – Representação da utilização de um para-raios

**ATENÇÃO!**

Em uma tempestade, evite se proteger em árvores, pois as árvores podem servir como para-raios. Caso ela seja atingida por um raio, consequentemente você acabará sendo atingido também.

## Recordando

Neste capítulo, falamos sobre os conceitos básicos da eletrostática, que se trata do estudo das cargas em repouso.

Você viu que as cargas de sinais contrários se atraem e de sinais iguais se repelem. Além disso, você estudou o comportamento do campo eletrostático.

### 2.3 - EXERCÍCIOS PROPOSTOS

1) Defina campo eletrostático.

_____
_____
_____

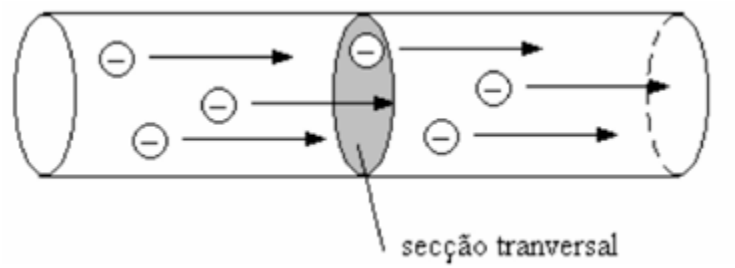
2) Qual a função do para-raios?

_____
_____
_____

## 3 - ELETRODINÂMICA

### 3.1 - CORRENTE ELÉTRICA

A corrente elétrica nada mais é do que o fluxo de elétrons, através da secção transversal de um condutor elétrico, conforme é mostrado na figura 7. Estes elétrons, por sua vez, se movimentam de maneira ordenada em um único sentido, ou seja, saindo de um átomo para o outro. Já que o movimento dos elétrons é contínuo, então esta corrente elétrica é chamada de corrente elétrica contínua.




Fonte: SERRALHEIRO, p. 9
Figura 7 - Representação da corrente contínua através de um fio condutor.

A intensidade da corrente elétrica é definida como sendo a quantidade de carga elétrica que atravessa a secção transversal do fio condutor por unidade de tempo, onde:

$$i = \frac{Q}{t}$$

i = corrente elétrica medida em ampère;
Q = carga em coulomb;
t = tempo em segundos.

Um ampère (1A) é definido como sendo o deslocamento efetuado por 6,25x1018 elétrons (1C = um coulomb) através de um fio condutor durante o tempo de um segundo.

### 3.2 - TENSÃO ELÉTRICA

> Devido à existência de um campo eletrostático, uma carga é capaz de realizar trabalho ao deslocar outra carga por atração ou repulsão. Essa capacidade é chamada de potencial elétrico. Cargas diferentes produzem uma d.d.p. (diferença de potencial) (SERRALHEIRO, p.8) também chamada de tensão elétrica, cuja unidade é volt (V).

**ATENÇÃO!**

O termo voltagem não deve ser usado para substituir tensão elétrica, pois se trata de um vício de linguagem.

Nós podemos fazer uma analogia entre líquidos e a tensão elétrica. Imaginemos a figura 8, temos um tubo em formato de U. De um lado uma coluna de água de 12 m e do outro uma coluna de água de 6 m, ou seja, existe uma diferença de altura. Ao abrirmos a válvula, ocorre um equilíbrio nas alturas das colunas de água. Agora, substituindo água por elétrons, temos que, os elétrons se deslocam do ponto onde estão em excesso para outro.

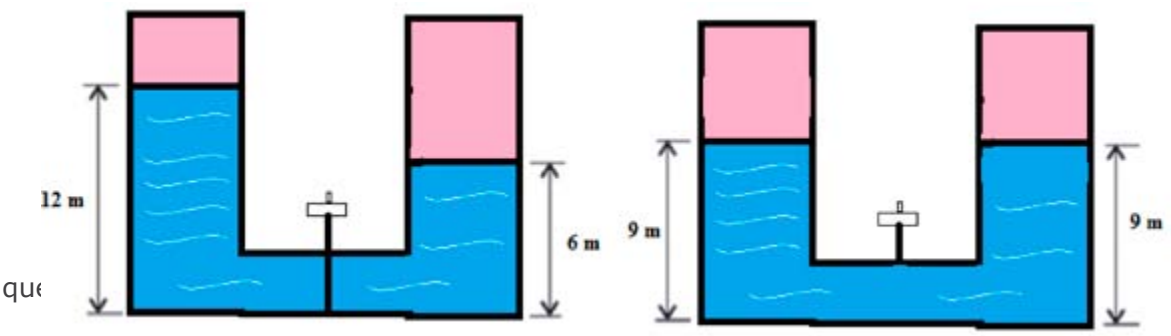



Figura 8 - Analogia entre líquido e tensão elétrica

## 3.3 - GERADORES DE TENSÃO

Todo elemento que transforme energia térmica, nuclear, química ou hidráulica em energia elétrica é chamado de gerador de tensão elétrica, também conhecido como fonte de tensão elétrica. Mas existem dois tipos de geradores de tensão: geradores de tensão contínua e geradores de tensão alternada.

Os geradores de tensão alternada são também chamados de alternadores, sendo utilizados em veículos automotores, usinas geradoras de energia elétrica e entre outros. Uma característica fundamental dos alternadores é que eles não possuem polaridade em seus terminais. A figura 9 mostra o comportamento de uma tensão alternada e o símbolo que representa as fontes CA (corrente alternada ou AC do inglês alternet current).

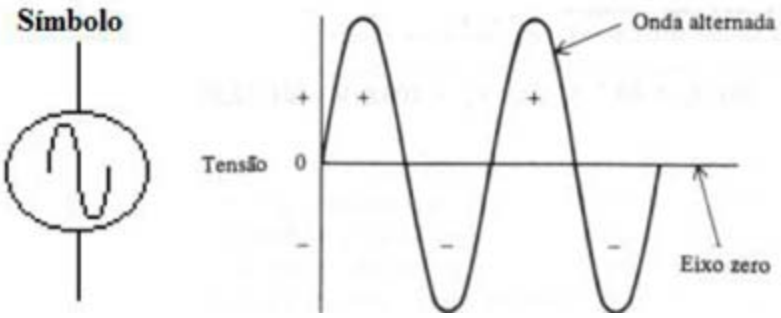



Figura 9 - Símbolo das fontes CA e forma de onda alternada.

### Você sabia?

A tensão que chega às residências é alternada, pois ela tem a capacidade de percorrer longas distâncias com poucas perdas.

Os geradores de tensão contínua, também chamadas de fontes CC (corrente contínua ou DC – do inglês direct current), possuem polaridade, ou seja, um polo positivo e outro negativo. Exemplos de geradores deste tipo são pilhas, baterias de automóveis e entre outros. Estes exemplos são mostrados na figura 10.

Figura 10 - Geradores de tensão contínua.

A figura 11 mostra o comportamento da tensão contínua e os símbolos que representam as fontes CC. Como se pode observar, a tensão não varia com o tempo, isto é, ela é constante.

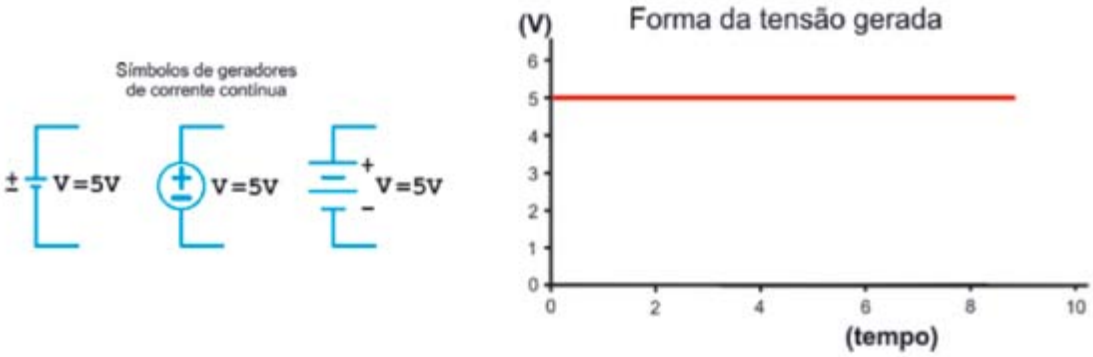



Figura 11 - Símbolo das fontes CC e forma de tensão contínua

**ATENÇÃO!**

Os aparelhos de sua residência funcionam com tensão contínua ou alternada? Vamos discutir um pouco! Se você observar o gráfico da figura 9, perceberá que a tensão vai de zero até um valor máximo, depois volta ao zero e segue a um valor mínimo. Este ciclo, por sua vez, repete-se. Imagine, se seu aparelho fosse ligado neste tipo de tensão? Ele funcionaria de forma irregular, ligando e desligando. Em virtude disso, os aparelhos funcionam em tensão contínua, mas são ligados em tensão alternada. Um aparelho chamado retificador é que faz a conversão de alternada para contínua.

**CUIDADO!**

Não inverta a polaridade dos geradores de tensão contínua.

## Recordando

Neste capítulo, falamos sobre os conceitos básicos da eletrodinâmica, que se trata do estudo das cargas em movimento.

Você viu a definição de corrente elétrica, que nada mais é do que o fluxo de elétrons num fio condutor.

Além disso, você estudou a definição de tensão elétrica, fazendo uma analogia com o líquido. E vimos, também, um pouco sobre gerador de tensão.

### 3.4 - EXERCÍCIOS PROPOSTOS

1) Defina corrente elétrica.

_____
_____
_____

2) O gerador de tensão elétrica transforma energia? Explique.

_____
_____
_____

# 4 - RESISTÊNCIA, RESISTOR E CAPACITOR

## 4.1 - RESISTOR E RESISTÊNCIA ELÉTRICA

Resistência elétrica é a propriedade de se opor ao fluxo de corrente elétrica. Para aumentar a resistência de um circuito (figura 12), são utilizados componentes elétricos chamados resistores. Um resistor é um dispositivo cuja resistência ao fluxo da corrente tem um valor bem definido. A resistência é medida em ohms (Ω) e é representada pelo símbolo R nas equações. Define-se um ohm como a quantidade de resistência que limita a corrente em um condutor a um ampère quando a tensão aplicada for de um volt (GUSSOW, 1997, p.50).

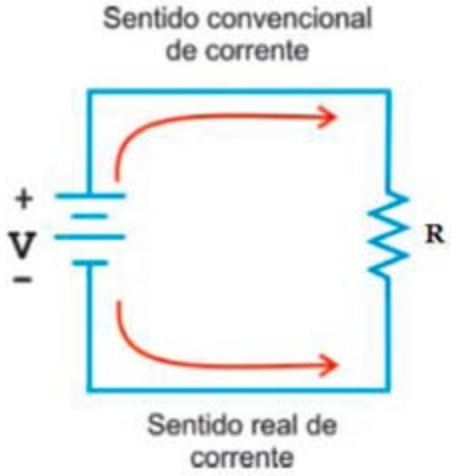



Figura 12 - Circuito elétrico

A figura 12 mostra um esquema de um circuito elétrico, isto é, um caminho fechado pelo qual circula uma determinada corrente elétrica. Este circuito é constituído de fios condutores, uma fonte de tensão contínua V e um resistor R. Esta figura também apresenta dois sentidos para a corrente elétrica, o convencional e o real. O sentido convencional adota o movimento das cargas positivas e o real o movimento das cargas negativas. Nós adotaremos o sentido convencional, pois é mais usado principalmente pela eletrônica.

**ATENÇÃO!**

Apesar de adotarmos o sentido das cargas positivas, as cargas que se movimentam, na realidade, são os elétrons.

**ATENÇÃO!**

Podemos fazer uma analogia entre a circulação de água no interior de um duto com a resistência elétrica. Imaginemos um duto de um determinado diâmetro onde circula água em seu interior, mas o que acontece se trocássemos o duto por outro de um diâmetro menor? Com certeza, a água teria mais dificuldade de passar. O mesmo acontece com os elétrons em um fio condutor, quanto menor o diâmetro do fio, mais dificuldade os elétrons terão para circular. Portanto, podemos concluir que o diâmetro dos fios tem uma relação com a resistência elétrica.

Você já se perguntou por que o chuveiro elétrico aquece? É muito simples. Ele aquece por efeito joule, que consiste no aquecimento pelo aumento da vibração dos átomos. Ou seja,

os elétrons ao se deslocarem acabam se chocando com os átomos do fio condutor, isso aumenta a vibração dos átomos e, consequentemente, a temperatura.

O dispositivo que converte a energia elétrica em energia térmica chama-se resistor. Ele está presente em todos os circuitos elétricos. A figura 13 apresenta o símbolo e foto de um resistor.

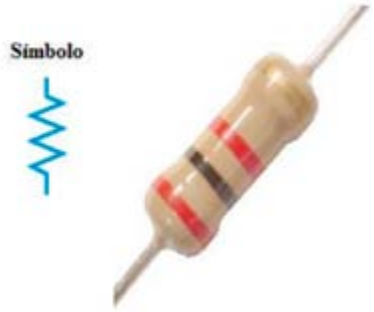



Figura 13 - símbolo e foto de um resistor

Como se pode perceber por meio da figura 13, o resistor possui cinco anéis de cores em volta do seu corpo. Estes anéis, por sua vez, servem para indicar o seu valor e sua tolerância. Com o auxílio da figura 14, percebemos que os dois primeiros anéis representam os dois primeiros algarismos, o terceiro anel representa o número multiplicador e o quarto anel representa a tolerância.

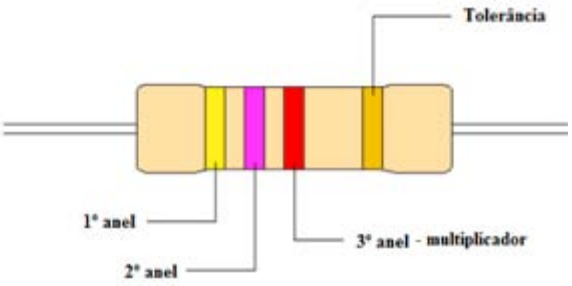



Figura 14 - Diagrama esquemático de um resistor

A tabela 1 mostra o código de cores para resistores. Por meio desta tabela você pode identificar o valor dos resistores, isto é, caso os cinco anéis de um resistor tenha as cores vermelho, preto, laranja, verde e ouro, respectivamente. Observando a tabela, percebemos que vermelho representa o algarismo 2, preto o 0, laranja o 3, verde o multiplicador 100000 e ouro a tolerância de 5%. Sendo assim, este resistor possui o valor de 20300000 ohms.

Tabela 1 – Tabela de cores para resistores

| Cor | 1º anel | 2º anel | 3º anel | 4º anel | 5º anel |
|---|---|---|---|---|---|
| Prata | - | - | - | 0,01=10-2 | +/-10% |
| Ouro | - | - | - | 0,1=10-1 | +/-5% |
| Preto | 0 | 0 | 0 | 1=100 | - |
| Marrom | 1 | 1 | 1 | 10=101 | +/- 1% |
| Vermelho | 2 | 2 | 2 | 100=102 | +/-2% |
| Laranja | 3 | 3 | 3 | 1.000=103 | - |
| Amarelo | 4 | 4 | 4 | 10.000=104 | - |
| Verde | 5 | 5 | 5 | 100.000=105 | - |

| | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| **Azul** | 6 | 6 | 6 | 1.000.000=106 | - |
| **Roxo** | 7 | 7 | 7 | 10.000.000=107 | - |
| **Cinza** | 8 | 8 | 8 | 100.000.000=108 | - |
| **Branco** | 9 | 9 | 9 | 1.000.000.000=109 | - |

## Curiosidade

Você já percebeu que os Técnicos em Informática aconselham não colocar os computadores em locais quentes? Por quê? Porque, como já sabemos, a resistência elétrica depende da temperatura, isto é, quanto maior a resistência maior a temperatura. Como todo componente eletrônico possui resistência à passagem de corrente elétrica, portanto esquentam. Sendo assim, os computadores devem ser colocados em locais não muito quentes, apesar deles já possuírem ventiladores apropriados.

## 4.2 - CAPACITORES

Componentes que, embora não conduzam corrente elétrica entre seus terminais, são capazes de armazenar certa corrente, que será "descarregada", assim que não houver resistência entre seus terminais. Formado por 2 placas condutoras, separadas por um material isolante chamado Dielétrico. Ligados a estas placas condutoras estão os terminais para conexão deste com outros componentes de um circuito elétrico. Capacitância (C): capacidade de acumulação de cargas elétricas no capacitor, quando aplicamos em seus terminais determinada tensão. Sua capacitância é determinada pelas dimensões das placas e pela distância de uma em relação à outra, ou seja, é diretamente proporcional à área e inversamente proporcional à espessura do Dielétrico (CAPACITOR, out. 2011).

Os capacitores são utilizados em diversos circuitos eletrônicos com o objetivo de selecionar frequência, filtrar a corrente elétrica e outras. A figura 1 mostra o símbolo e fotos de alguns capacitores.

Figura 15 - Símbolo e fotos de alguns capacitores

## Recordando

Neste capítulo, falamos sobre o conceito de resistência elétrica, que se trata de uma propriedade de se opor à passagem de corrente elétrica.

Você viu o que é um resistor e como identificar o seu valor, utilizando a tabela de cores. Além disso, você estudou a definição de capacitância, que se trata do acúmulo de cargas num capacitor.

### 4.3 - EXERCÍCIOS PROPOSTOS

1) Defina resistência elétrica.

_____
_____
_____

2) O resistor pode esquentar? Explique.

_____
_____
_____

# 5 - LEI DE OHM E ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES

## 5.1 - LEI DE OHM

A lei de Ohm nos dá uma relação entre corrente elétrica e tensão, ou seja, tensão elétrica é igual ao produto da resistência pela corrente.

$$V = R.i$$

Vamos supor que seu aparelho esteja ligado a uma pilha de 9 V de tensão e consuma uma corrente de 1 A, a resistência oferecida por ele será de 9 Ω. A resistência nada mais é do que dividir a tensão pela corrente.

## 5.2 - ASSOCIAÇÃO DE RESISTORES

Em algumas situações, é necessário associar os resistores, isto é, fazer uma combinação de dois ou mais resistores. Estes resistores podem ser ligados em série ou em paralelo.

### 5.2.1 - ASSOCIAÇÃO EM SÉRIE

A ligação em série ocorre quando os resistores são ligados na sequência, conforme a figura 16.

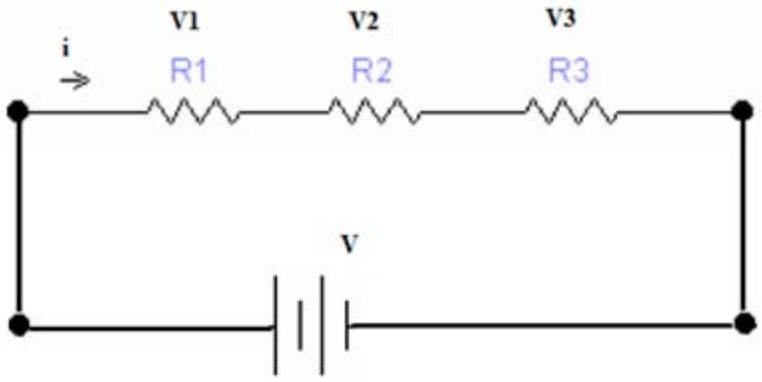



Figura 16 - Associação em série de resistores

Como podemos perceber por meio da figura 16, a corrente i que circula é a mesma em todos os resistores, mas a tensão é dividida em cada uma dos resistores, ou seja, a tensão total V é a soma das tensões de todos os resistores.

$$V = V_1 + V_2 + V_3 \Rightarrow Ri = R_1 i + R_2 i + R_3 i \Rightarrow R = R_1 + R_2 + R_3$$

Portanto, a resistência total é a soma das resistências de cada resistor.

Vamos supor que os resistores da figura 16 tenham os seguintes valores: 10, 8 e 12 ohms. Qual o valor do resistor equivalente que substituiria estes três resistores? O resulto consiste na soma, ou seja, R=10+8+12=20 ohms.

**ATENÇÃO!**

As lâmpadas podem ser consideradas como resistores, já que, também, oferecem resistência à passagem de corrente elétrica. Sendo assim, se você ligar lâmpadas em série e retirar uma delas, as demais não ascenderão, pois a corrente foi interrompida.

## 5.2.2 - ASSOCIAÇÃO EM PARALELO

A ligação em paralelo ocorre quando os resistores são colocados em paralelo, conforme a figura 17.

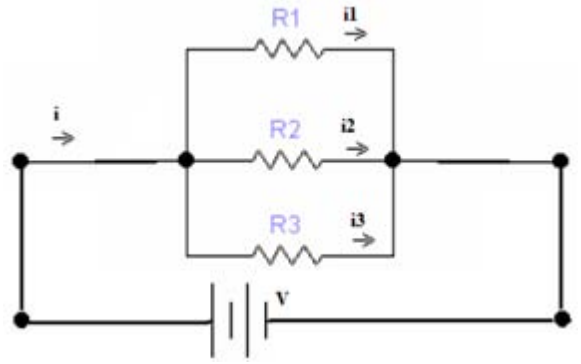



Figura 17 - Associação em paralelo de resistores

Como podemos observar na figura 17, a corrente elétrica se divide em cada resistor, mas a tensão é a mesma entre eles.

$$i = i_1 + i_2 + i_3 \Rightarrow \frac{V}{R} = \frac{V}{R_1} + \frac{V}{R_2} + \frac{V}{R_3} \Rightarrow \frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3}$$

Portanto, o inverso da resistência total é a soma do inverso das resistências de cada resistor.

Vamos supor que os resistores da figura 16 tenham os seguintes valores: 10, 2 e 5 ohms. Qual o valor do resistor equivalente que substituiria estes três resistores? O resulto consiste na soma do inverso, ou seja:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{10} + \frac{1}{2} + \frac{1}{5} = \frac{1+5+2}{10} = \frac{8}{10} \Rightarrow R = \frac{10}{8} = 1,25\Omega$$

### Curiosidade

As lâmpadas de sua residência são ligadas em série ou em paralelo? Só é você observar que ao desligar uma das lâmpadas, as demais permanecem acesas. Portanto, estão ligadas em paralelo. Já pensou se fossem em série!

## 5.3 - POTÊNCIA ELÉTRICA

O cálculo de potência elétrica surgiu numa época, cujo objetivo maior era ter máquinas que trabalhassem mais em menos tempo. Daí surgiu a definição de potência, que é energia dividida pelo tempo ou também a tensão multiplicada pela corrente, onde P representa a potência geralmente medida em watt, E é a energia e t é o tempo.

$$P = \frac{E}{t} \quad P = V.i$$

## Curiosidade

Você já conferiu o quanto de energia os aparelhos de sua residência consomem? Vamos pegar o chuveiro elétrico, supondo que ele fique ligado 0,5 horas por dia e tenha uma potência de 2500 W (watts) que é igual a 2,5 kW (dividido por mil). Como energia é a potência multiplicada pelo tempo, logo terá um consumo de energia de 1,25 kWh (quilowatt-hora) por dia. Caso você queira saber o consumo mensal, só é multiplicar este valor por 30.

## Recordando

Neste capítulo, falamos sobre a definição da lei de Ohm e como aplicá-la na associação de resistores.

Você viu como calcular a resistência equivalente em associações de resistores. Além disso, você estudou também a definição de potência e como verificar o consumo de energia elétrica dos aparelhos de sua residência.

### 5.4 - EXERCÍCIOS PROPOSTOS

1) Defina lei de Ohm.

_____
_____
_____

2) As lâmpadas de um pisca-pisca de natal estão em série ou paralelo? Explique.

_____
_____
_____

## 6 - MATERIAIS ELÉTRICOS

Imaginemos, um mundo de hoje sem os materiais elétricos. Caso isso fosse verdade, não teríamos computadores, comunicação, transporte, lazer, comércio, saúde, educação, entre outros. Sendo assim, a necessidade de pesquisar e produzir materiais tem uma grande influência em nossas vidas.

> Os materiais sólidos têm sido convenientemente agrupados em três classificações básicas: metais, cerâmicos e polímeros. Esse esquema está baseado principalmente na composição química e na estrutura atômica, e a maioria dos materiais se encaixa em um ou outro grupamento distinto, embora existam alguns materiais intermediários. Adicionalmente, existem três outros grupos de materiais importantes na engenharia – compósito, semicondutores e biomateriais. Os compósitos consistem em combinações de dois ou mais materiais diferentes, enquanto os semicondutores são utilizados devido às suas características elétricas peculiares; os biomateriais são implantados no interior do corpo humano (MORA, 2010, p.09).

Nós estudaremos os metais por serem bons condutores de energia elétrica, mas não podemos nos esquecer dos materiais isolantes que também são muito utilizados em circuitos elétricos e eletrônicos.

### 6.1 - METAIS

> Materiais metálicos são normalmente combinações de elementos químicos metálicos. Eles possuem um número grande de elétrons não localizados, isto é, estes elétrons não estão ligados a qualquer átomo em particular. Muitas propriedades dos metais são atribuídas diretamente a estes elétrons. Os metais são extremamente bons condutores de eletricidade e calor (pela boa mobilidade dos seus elétrons), são opacos à luz visível (os elétrons absorvem a energia dos fótons de luz) e uma superfície metálica polida possui uma aparência lustrosa. Além disso, os metais são muito resistentes e ainda assim deformáveis. O que é responsável pelo seu extenso uso em aplicações estruturais (MORA, 2010, p.07).

A figura 18 apresenta os metais que são encontrados nos computadores, parte do computador onde são encontradas, porcentagem no computador e a porcentagem de reciclagem. Lembrando que, nos dias atuais, a reciclagem é de vital importância. Como se pode observar, há vários metais considerados pesados (possuem ligações fortes entre seus átomos), que se descartados de maneira incorreta, pode causa sérios dados ao meio ambiente.

**ATENÇÃO!**

Evite tocar nas partes metálicas de qualquer aparelho elétrico ou eletrônico, pois pode haver risco de choque elétrico.

Ainda observando a figura 18, percebemos que o alumínio é muito utilizado nas estruturas e conexões, pois é maleável e fácil de trabalhar. O cobre, por sua vez, é utilizado como condutivo, por ter uma excelente condução elétrica e resistente à corrosão. Além disso, temos o ferro que também é bastante usado por ser resistente à deformações.

| Metal Pesado | Parte do computador onde é encontrado | Porcentagem no computador | Porcentagem reciclável |
|---|---|---|---|
| Alumínio | Estrutura, conexões | 14,1723% | 80,0000% |
| Bário | Válvula eletrônica | 0,0315% | 0,0000% |
| Berílio | Condutivo térmico, conectores | 0,0157% | 0,0000% |
| Cádmio | Bateria, chip, semicondutor, estabilizadores | 0,0094% | 0,0000% |
| Chumbo | Circuito integrado, soldas, bateria | 6,2988% | 5,0000% |
| Cobalto | Estrutura | 0,0157% | 85,0000% |
| Cobre | Condutivo | 6,9287% | 90,0000% |
| Cromo | Decoração, proteção contra corrosão | 0,0063% | 0,0000% |
| Estanho | Circuito integrado | 1,0078% | 70,0000% |
| Ferro | Estruturas, encaixe | 20,4712% | 80,0000% |
| Gálio | Semicondutor | 0,0013% | 0,0000% |
| Germânio | Semicondutor | 0,0016% | 60,0000% |
| Índio | Transistor, retificador | 0,0016% | 60,0000% |
| Manganês | Estrutura, encaixes | 0,0315% | 0,0000% |
| Mercúrio | Bateria, ligamentos, termostatos, sensores | 0,0022% | 0,0000% |
| Níquel | Estrutura, encaixes | 0,8503% | 80,0000% |
| Ouro | Conexão, condutivo | 0,0016% | 99,0000% |
| Prata | Condutivo | 0,0189% | 98,0000% |
| Sílica | Vidro | 24,8803% | 0,0000% |
| Tântalo | Condensador | 0,0157% | 0,0000% |
| Titânio | Pigmentos | 0,0157% | 0,0000% |
| Vanádio | Emissor de fósforo vermelho | 0,0002% | 0,0000% |
| Zinco | Bateria | 2,2046% | 60,0000% |

Figura 18 - Metais presentes em um computador

Os metais possuem uma estrutura cristalina, isto é, os átomos que o constituem estão localizados de maneira ordenada, formando uma determinada figura geométrica e esta, por sua vez, repete-se milhões de vezes. Uma rede cristalina cúbica de face centrada (possui um átomo no centro do cubo) é mostrada pela figura 19, onde os pontos pretos são os átomos.

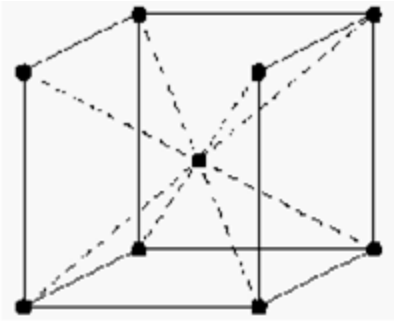


Figura 19 – Rede cristalina cúbica de face centrada

## 6.2 - POLÍMEROS

A origem da composição dos materiais poliméricos é orgânica, ou seja, constituídos de longas cadeias carbônicas, compondo moléculas. Em alguns casos de polímeros pode-se observar a presença de pequenos cristais (cristalitos), mas a predominância de arranjo atômico é a estrutura molecular (figura 20). Sua aplicação como material de engenharia está bastante diversificada, em função das várias composições possíveis desenvolvidas ao longo dos anos. Assim, os polímeros estão substituindo componentes importantes até então manufaturados a partir de metais ou outros materiais. As aplicações principais estão relacionadas principalmente em situações onde se requer baixo custo, boa resistência mecânica, razoável

estabilidade estrutural, isolamento elétrico e baixa densidade (PASCOALI, 2008, p. 06).

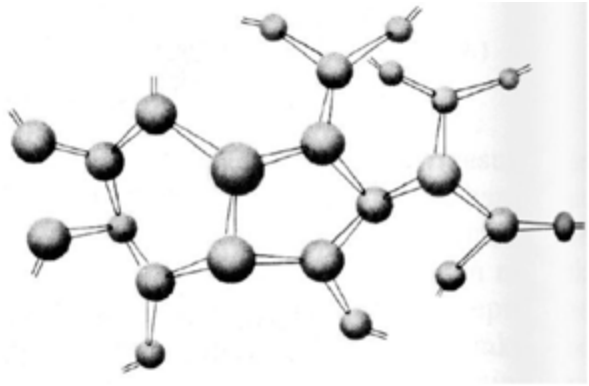


Figura 20 - Arranjo molecular de um polímero

Como podemos observar, o arranjo dos átomos dos polímeros não é bem ordenado como no caso dos metais. Essa diferença influencia bastante nas características e aplicações destes materiais.

## Curiosidade

Você já pensou em ter uma tela que possa dobrá-la e colocá-la no bolso? Hoje, isso já é uma realidade. É graças aos LEDs orgânicos ou OLEDs (figura 21). Como podemos perceber, estes materiais orgânicos estão cada vez mais presentes em nossas vidas. Os LEDs são diodos emissores de luz e falaremos um pouco deles mais adiante.

Figura 21 - Tela de LED orgânico

### 6.3 - SEMICONDUTORES

Nós poderíamos ter classificado os materiais como condutores, isolantes e os semicondutores, mas as pesquisas em ciência dos materiais estão avançando muito rápido, então esta classificação está caindo por terra.

Os semicondutores possuem propriedades elétricas que são intermediárias entre aquelas apresentadas pelos condutores elétricos e pelos isolantes. São compostos por materiais específicos e similares aos de cerâmica. Além disso, as características elétricas destes materiais são extremamente sensíveis à presença de minúsculas concentrações de átomos de impurezas, concentrações que podem ser controladas ao longo de regiões espaciais muito pequenas. Os semicondutores tornaram possível o advento dos dispositivos e circuitos integrados eletrônicos, que evolucionaram totalmente as indústrias de produtos eletrônicos e de computadores (para não mencionar as nossas

vidas) ao longo das últimas duas décadas. No caso do semicondutor de Si, este apresenta também propriedades mecânicas excelentes que o torna utilizável em dispositivos micromecânicos (micromotores, microinjetores, microsensores, etc.) (MORA, 2010, p.08).

Um dos semicondutores mais usados é o cristal de silício, que a baixa temperatura apresenta todos os elétrons ligados ao átomo. Os elétrons mais internos de cada átomo de silício giram em torno do núcleo, enquanto os quatro mais externos ficam saltando entre dois átomos vizinhos, mantendo-os ligados. Nestas condições, o silício é um ótimo isolante. Quando aumentamos a temperatura do cristal, alguns elétrons da ligação se destacam do átomo e se põem a vagar livremente (AMALDI, 1997, p. 321).

A estrutura cristalina do silício pode ser observada com o auxílio da figura 22.

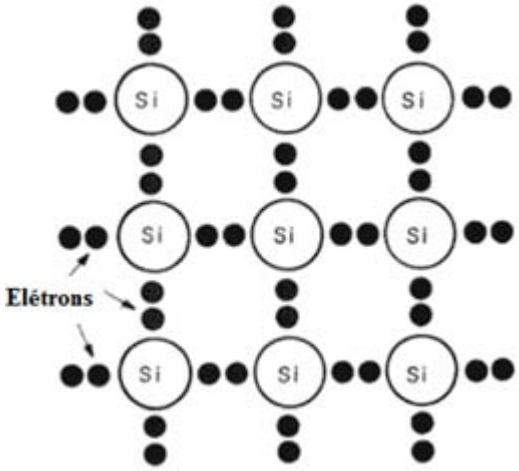



Figura 22 - Estrutura cristalina do silício

## Recordando

Neste capítulo, falamos sobre a definição dos principais materiais utilizados na eletrônica.

Você viu as definições dos metias, polímeros e semicondutores.

Além disso, você estudou também a aplicação desses materiais no nosso dia a dia.

### 6.4 - EXERCÍCIOS PROPOSTOS

1) Os metais possuem estrutura cristalina? Explique.

_____
_____
_____

2) Defina semicondutor.

_____
_____
_____

## 7 – COMPONENTES ELETRÔNICOS

### 7.1 - SEMICONDUTORES TIPO N E TIPO P

Um semicondutor isolante não serve, então é acrescentado um átomo diferente para que o cristal apresente características elétricas. Um dos átomos a ser inserido entre os de silício é o arsênio, pois um dos elétrons de arsênio fica livre para se mover no interior do cristal. Este cristal, por sua vez, é chamado de semicondutor tipo n, cuja estrutura é apresentada na figura 23.

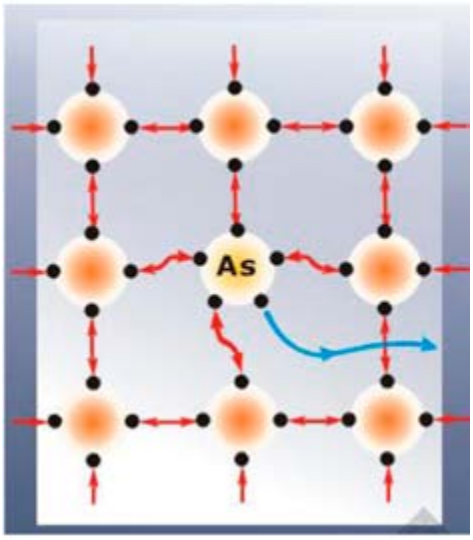



Figura 23 - Semicondutor tipo n

> Em vez de arsênio, vamos agora introduzir o boro no cristal de silício. Como os átomos de boro tendem a estabelecer apenas três ligações com os átomos vizinhos, sobrará no cristal um lugar livre para um elétron. Esse espaço livre é chamado de lacuna (AMALDI, 1997, p. 321).

Como o átomo de boro deixou uma lacuna e não um elétron sobrando no cristal, então ele é chamado de semicondutor do tipo p, cuja estrutura é apresentada na figura 24. Neste caso, um elétron sai de um átomo de silício vizinho e ocupa a lacuna deixada pelo boro.

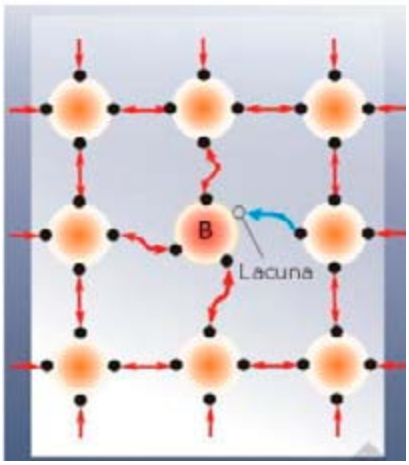



Figura 24 - Semicondutor tipo p

## 7.2 - DIODO

Juntando um cristal tipo n e outro tipo p, temos o que é chamado de diodo (junção pn). A figura 25 mostra o esquema de uma junção pn. O semicondutor tipo n é o catodo e o tipo p é o anodo. O funcionamento do diodo ocorre na região entre o anodo e o catodo, que é chamada de junção.

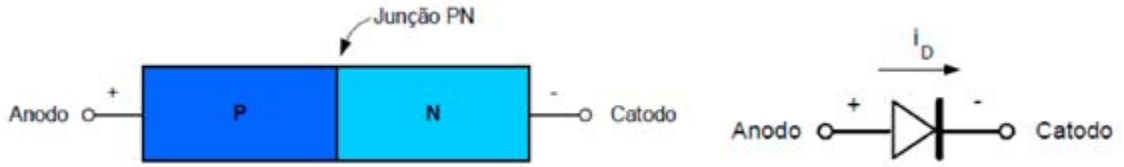



Figura 25 - Diodo de junção pn e o símbolo elétrico

A figura 26 mostra os portadores majoritários em cada material semicondutor: lacunas no tipo P e elétrons livres no tipo N. A estrutura do diodo é contínua de um lado a outro da junção. Devido à continuidade da estrutura cristalina do diodo, os portadores podem se mover através da junção. Após a formação do diodo, alguns elétrons podem migrar para o anodo nas proximidades da junção. Ao encontrar as lacunas, ocorre a recombinação do par elétron-lacuna e, consequentemente, o aniquilamento dos portadores de carga majoritários na junção. A região formada pela neutralização das cargas é denominada região de depleção por não haver portadores de carga (Figura 26b). A região de depleção não irá crescer muito além da junção por causa do campo elétrico formado (Dispositivos semicondutores: diodos, out. 2011).

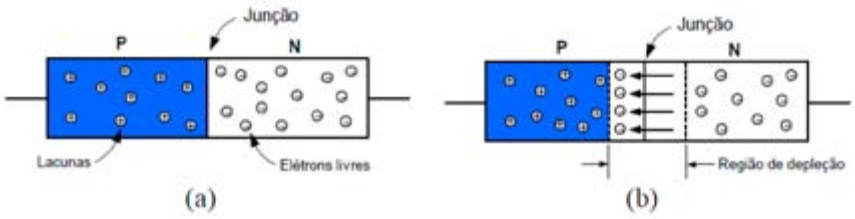



Figura 26 - (a) Portadores de carga majoritárias de um lado da junção, (b) difusão de elétrons recombinando-se com as lacunas do anodo

## 7.3 - TRANSÍSTOR

Agora, juntando cristais de tipo n e cristais de tipo p, obtêm-se dispositivos eletrônicos que tanto permitem amplificar a intensidade da corrente como interrompê-la. Por exemplo, se inserirmos um semicondutor tipo p entre dois semicondutores tipo n, como se fosse um sanduíche, obteremos um transístor. O cristal do meio, que precisa ter uma espessura muito pequena, é chamado base. Os outros dois são o emissor e o coletor (AMALDI, 1997, p. 323).

A figura 27 mostra dois esquemas de dois tipos de transístores, um npn e outro pnp. O funcionamento dos transístores é semelhante ao dos diodos, mas agora temos duas tensões devido às duas junções, ou seja, trata-se basicamente de dois diodos acoplados.

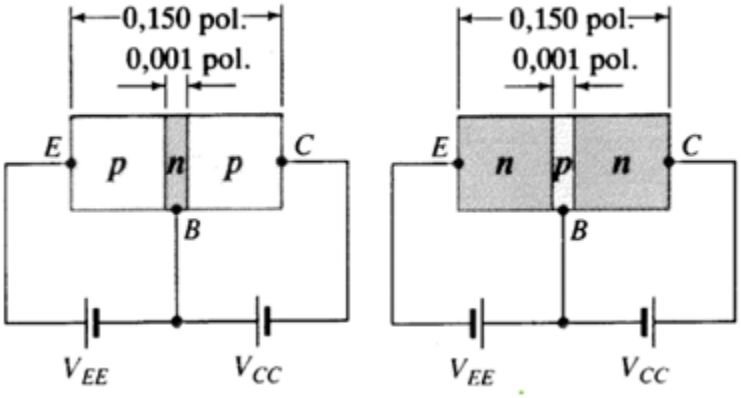



Figura 27 - Esquemas de dois transístores, um pnp e outro npn

## 7.4 - CIRCUITO INTEGRADO

> Existe um dispositivo chamado circuito integrado, também conhecido como chip, que consiste em uma fina camada de silício, menor do que um selo, onde estão agrupados circuitos microscópicos que contém milhões de componentes eletrônicos. Dentre esses componentes, há resistores, que servem para dificultar, em maior ou menor grau, a passagem da corrente; capacitores, cuja função é armazenar cargas elétricas; e também transístores (AMALDI, 1997, p. 325).

A figura 28 mostra o desenho e o esquema de um circuito integrado. O detalhamento do funcionamento deste dispositivo não faz parte do objetivo deste curso.

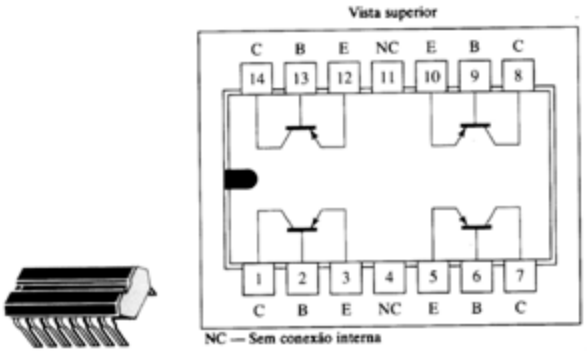



Figura 28 - desenho e esquema de um circuito integrado

**ATENÇÃO!**

Como vimos aqui, os semicondutores sofrem forte influência da temperatura. Portanto, computadores não devem ser colocados em locais com temperatura elevada. O silício, por exemplo, perde suas propriedades se sua temperatura ultrapassar 800ºC.

**ATENÇÃO!**

Evite tocar nas partes internas de qualquer aparelho elétrico ou eletrônico, pois pode haver risco de choque elétrico.

## Recordando

Neste capítulo, falamos sobre as propriedades dos semicondutores e suas aplicações na eletrônica.

Você viu o princípio de funcionamento de um diodo e de um transístor.

Além disso, você estudou também a definição de um circuito integrado.

### 7.5 - EXERCÍCIOS PROPOSTOS

1) Explique o funcionamento de um diodo.

_____
_____
_____

2) Cite algumas funções dos transístores.

_____
_____
_____

## 8 - INSTALAÇÕES ELÉTRICAS

Ao longo dos anos, cresceu o número de aparelhos elétricos e eletrônicos ligados nas redes elétricas de nossas residências. Em virtude disso, estudaremos as instalações elétricas básicas (monofásica e bifásica), utilizando alguns conceitos de eletricidade já estudados neste curso.

### 8.1 - FIOS

Você já observou a fiação elétrica dos postes de energia? Há três fios horizontalmente paralelos que estão na parte superior do poste. Estes fios são de alta tensão, isto é, podem chegar até 30.0000 volts de tensão e são ligados a um transformador que abaixa a tensão para 110 volts. Na saída do transformador, há quatro fios, sendo três com tensão 110 volts chamados de fase e um neutro, geralmente o fio neutro é o quarto de cima para baixo. A figura 29 mostra um poste da rede elétrica, identificando os fios de alta tensão, os fios de fase, o fio neutro e o transformador.

Figura 29 - Poste da rede elétrica

Os fios de cobre utilizados nas instalações elétricas residenciais e comerciais (fios de ligação) são encontrados nas lojas especializadas com diferentes seções retas. Cada um deles costuma ser identificado por um número para os fios condutores mais usados, porém essa numeração não é rígida, pois cada país adota seu próprio código. No Brasil atualmente, os fios são identificados pelos valores de suas seções retas, ou seja, a área específica de seu diâmetro. Entretanto, tecnicamente ainda são usados os números que aparecem na tabela anexa, os quais correspondem aproximadamente àqueles de um código muito difundido nos Estados Unidos, o AWG (American Wire Gauge), que é o método de medida de bitola (diâmetro) de fios condutores elétricos. O número se refere à quantidade de passos envolvidos ao se repuxar um fio no processo de fabricação. Quanto mais o fio é repuxado, maior será a medida e menor será o diâmetro. Por exemplo, o cabo UTP de rede de dados é de 24 AWG, sendo mais fino que um de 14 AWG que é o condutor 1,5 (veja tabela), fio condutor usado para ligar lâmpadas. O número 1,5 representa, como foi dito, a área da seção reta do condutor, sendo essa a medida usada no Brasil (Instalações elétricas – fios, out. 2011).

A tabela 2 mostra a corrente máxima para fios de diferentes seções retas definidos pela AWG.

Tabela 2 - Corrente máxima para fios de diferentes seções retas

| N0 do fio (AWG) | Seção (mm2) | Corrente máxima (A) |
|---|---|---|
| 14 | 1,5 | 15 |
| 12 | 2,5 | 20 |
| 10 | 4,0 | 30 |
| 8 | 6,0 | 40 |
| 6 | 10,0 | 50 |

Os fios condutores podem ainda ser rígidos ou flexíveis (veja figura 30), porém as características técnicas de resistividade ou condutibilidade são as mesmas, sendo os flexíveis mais fáceis de passar pelas tubulações e curvas nas instalações. Os fios rígidos são mais indicados para as conexões, tanto em chaves termomagnéticas (disjuntores) quanto em instalações de tomadas simples (INSTALAÇÕES ELÉTRICAS – FIOS, out. 2011).

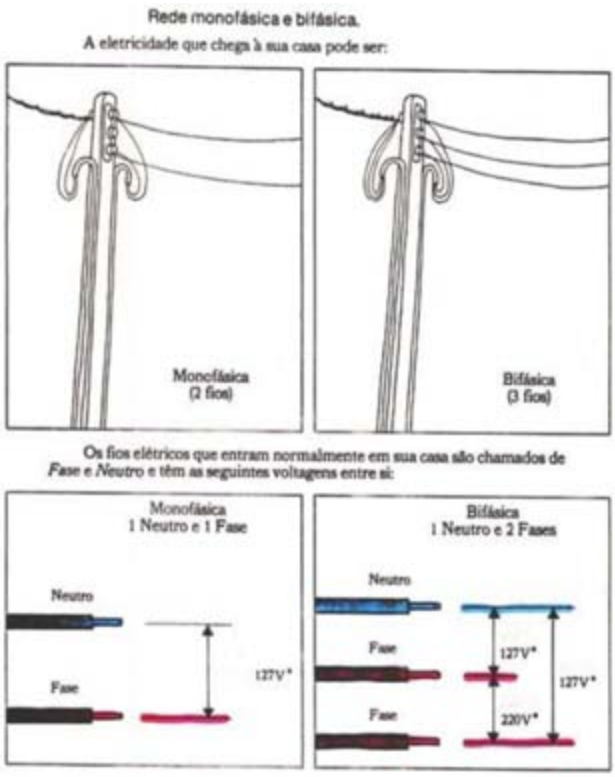
Figura 30 - Fios rígidos e flexíveis

**ATENÇÃO!**

A utilização dos fios nas instalações elétricas tem que satisfazer a corrente máxima da rede, pois o uso incorreto dos fios pode ocasionar o aumento da sua temperatura e, consequentemente, o derretimento do seu isolante em volta e ocasionando um curto circuito (caminho curto percorrido pela corrente elétrica).

## 8.2 - REDES MONOFÁSICA E BIFÁSICA

A rede monofásica consiste de um fio de fase e um neutro, enquanto que a rede bifásica é composta de dois fios de fase e um neutro. A rede monofásica já resolveria o nosso problema, isto é, os aparelhos só necessitam de dois fios para funcionar. Então, por que existe a rede bifásica? Porque é utilizada quando se deseja uma tensão de 220V. Identificação das redes monofásica e bifásica é com o auxílio da figura 31.



Como podemos observar, a ligação entre duas fases nos dá uma tensão de 220 volts na rede bifásica, mas utilizando uma fase e um neutro, você obtém 110 volts tanto na rede monofásica quanto na bifásica.

**ATENÇÃO!**

Mesmo com o circuito fechado (o interruptor desligado) você pode levar um choque, pois o fio de fase está energizado. Nós veremos o porquê mais à frente.

## 8.3 - POTÊNCIAS ATIVA E REATIVA

Nós já sabemos o que é potência, assunto que foi discutido na seção 2.7, mas há dois tipos de potência: ativa e reativa. A potência ativa é aquela transformada em potência mecânica, térmica e luminosa, conforme mostrado na figura 32.

Figura 32 - Exemplos de aparelhos que utilizam potência ativa

No entanto, a potência reativa é aquela transformada em campo magnético, essencial para o funcionamento de motores, transformadores e outros. A figura 33 mostra alguns exemplos de equipamentos que utilizam potência reativa.

**OBSERVAÇÃO!**

O campo magnético é uma região do espaço onde se manifesta o magnetismo. Magnetismo pode se manifestar por meio da ação de um ímã, de uma bobina e da terra como veremos mais adiante.

### Curiosidade

Você sabia que a terra é um ímã gigante? É graças a esse efeito que nos orientamos com o auxílio das bússolas.

**ATENÇÃO!**

O que acontece se você colocar um ímã perto de uma tela de TV? A tela fica borrada. Isso acontece porque os elétrons também são sensíveis ao campo magnético de um ímã. O mesmo acontece se você colocar um ímã próximo a um catão magnético ou a uma placa de computador. O campo magnético vai desorientar os elétrons e isso poderá ocasionar danos ou perdas de informações.

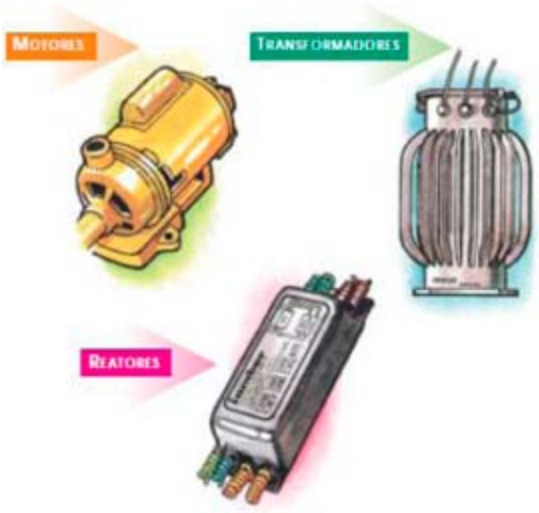



Figura 33 - Exemplos de aparelhos que utilizam potência reativa

## 8.4 - FATOR DE POTÊNCIA

Fator de potência é o quanto de potência elétrica foi convertida em potência ativa. Para isso foi definido o seguinte critério: para residências o fator de potência para iluminação deve ser igual a 1,0 e para tomadas de uso geral 0,8. A figura 34 ilustra bem os dois exemplos.

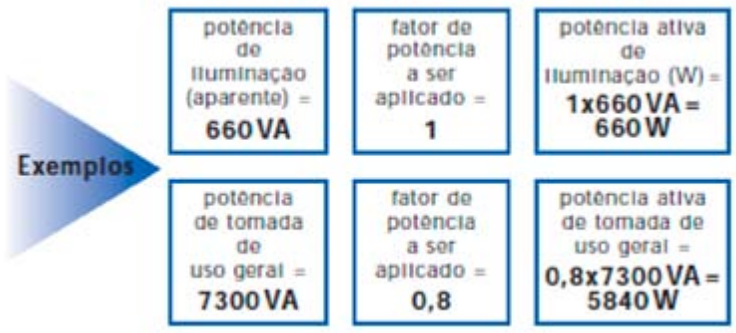

Exemplos
potência de iluminação (aparente) = 660 VA
fator de potência a ser aplicado = 1
potência ativa de iluminação (W) = 1x660 VA = 660 W
potência de tomada de uso geral = 7300 VA
fator de potência a ser aplicado = 0,8
potência ativa de tomada de uso geral = 0,8x7300 VA = 5840 W

Figura 34 - Exemplos do cálculo do fator de potência

Quando o fator de potência é igual a 1, significa que toda a potência aparente é transformada em potência ativa. Isto acontece nos equipamentos, tais como: chuveiro elétrico, torneira elétrica, lâmpadas incandescentes, fogão elétrico, etc. (MORENO, 2003, p. 11).

Hoje, as companhias elétricas estão fiscalizando as indústrias com relação ao controle do fator de potência, inclusive, chegando até multar os estabelecimentos que apresentem um fator de potência baixo. Tal objetivo é diminuir o desperdício de energia elétrica.

## Recordando

Neste capítulo, falamos sobre a importância das instalações elétricas.
Você viu que os fios são caracterizados pela bitola e pela corrente elétrica máxima que eles suportam. Além de diferenciar uma rede monofásica da bifásica.
Estudamos, também, os dois tipos de potência e a definição de fator de potência.

### 8.5 - EXERCÍCIOS PROPOSTOS

1) Cite uma diferença entre a rede monofásica e a bifásica.

_____
_____
_____

2) Diferencie potência ativa de reativa.

_____
_____
_____

## 9 - SEGURANÇA

### 9.1 - CHOQUE ELÉTRICO

Choque elétrico é o efeito patofisiológico que resulta da passagem de uma corrente elétrica, chamada de corrente de choque, através do organismo humano, podendo provocar efeitos de importância e gravidades variáveis, bem como fatais (VIANA, 2007, p. 11).

O efeito da corrente elétrica em um choque elétrico vai depender do tempo de exposição, da intensidade da corrente, das condições físicas do corpo e do percurso da corrente através do corpo humano.

> O choque elétrico pode ser classificado como contatos direto e indireto. O contato direto é o contato de pessoas e animais diretamente com partes energizadas de uma instalação elétrica e contato indireto é o contato de pessoas e animais com partes metálicas (equipamentos) ou elementos condutores que, por falha de isolação, ficaram acidentalmente energizados (VIANA, 2007, p. 11).

O percurso da corrente elétrica através do corpo humano depende da posição de contato do indivíduo com a instalação (circuito) energizada ou que venha a ficar energizada, podendo ser o mais variado possível (VIANA, 2007, p. 11).

A figura 36 mostra os percursos que a corrente elétrica pode fazer através do corpo humano.

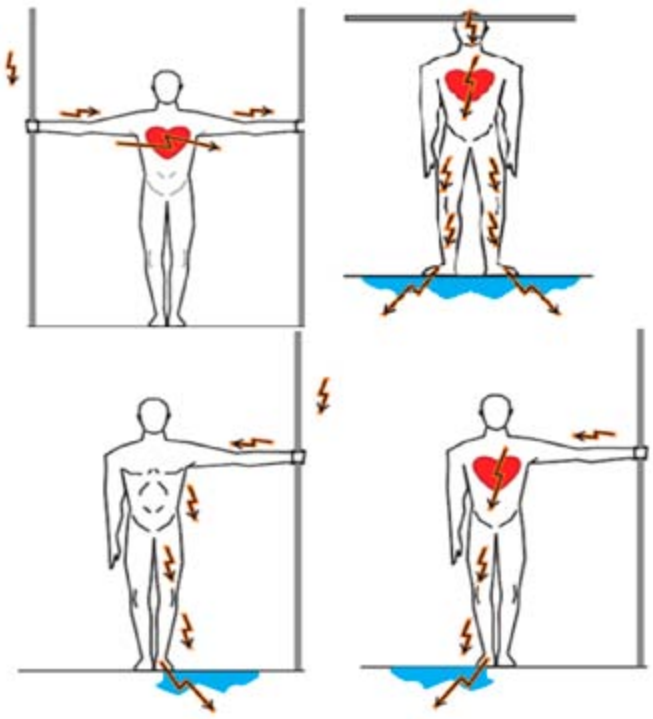


Figura 36 - Percurso da corrente elétrica através do corpo humano

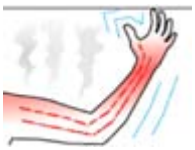
Os efeitos fisiológicos podem se manifestar de várias formas, conforme as tabelas 3 e 4.

Tabela 3 - Efeitos fisiológicos diretos da eletricidade

| Intensidade da corrente elétrica (mA) | Efeito | Causas | Exemplos |
|---|---|---|---|
| 1 a 3 mA | Percepção | A passagem da corrente provoca formigamento. Não existe perigo. | |
| 3 a 10 mA | Eletrização | A passagem da corrente provoca movimentos. | |
| 10 mA | Tetanização | A passagem da corrente provoca contrações musculares, agarramento ou repulsão. | |
| 25 mA | Parada Respiratória | A corrente atravessa o cérebro. | |
| 25 a 30 mA | Asfixia | A corrente atravessa o tórax. | |
| 60 a 75 mA | Fibrilação Ventricular | A corrente atravessa o coração. | |

Fonte: VIANA, 2007

Tabela 4 - Efeitos fisiológicos indiretos da eletricidade

| Efeito | Causas | Exemplos |
|---|---|---|
| Transtornos Cardiovasculares | O choque elétrico afeta o ritmo cardíaco: infarto, taquicardia etc... | |
| Queimaduras Internas | A energia dissipada produz queimaduras internas: coagulação, carbonização. |  |
| Queimaduras Externas | Produzidas por arco elétrico a 4000ºC. | |

| | | |
|---|---|---|
| Outros Transtornos | Consequências da passagem da corrente. | Auditivo, Ocular, Nervoso, Renal. |

Fonte: VIANA, 2007

## 9.2 - ATERRAMENTO ELÉTRICO

O aterramento elétrico é um dos temas que geram mais dúvidas nas pessoas. A falta de conhecimento deste assunto pode gerar sérios riscos. Mas para que serve o aterramento elétrico?

O aterramento elétrico tem três funções principais (Aterramento elétrico, out. 2011):
a – Proteger o usuário do equipamento das descargas atmosféricas, através da viabilização de um caminho alternativo para a terra, de descargas atmosféricas.
b – "Descarregar" cargas estáticas acumuladas nas carcaças das máquinas ou equipamentos para a terra.
c – Facilitar o funcionamento dos dispositivos de proteção (fusíveis, disjuntores, etc.), através da corrente desviada para a terra.

A figura 37 mostra o esquema de um computador à rede elétrica, mostrando o aterramento.

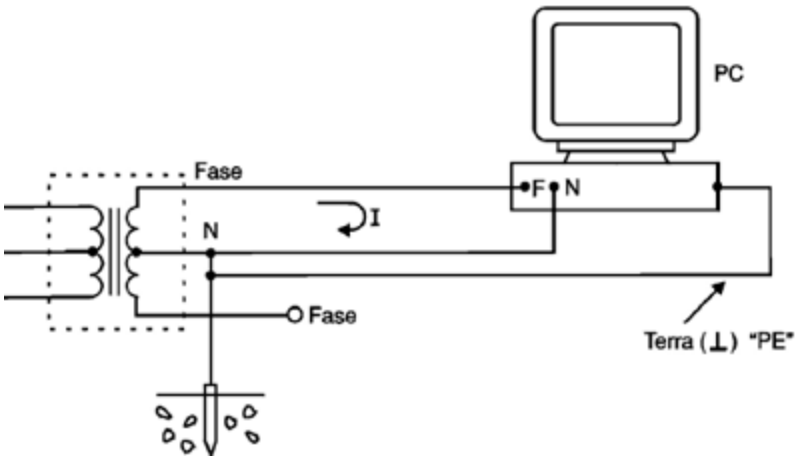



Figura 37 - Ligação de um computador a rede elétrica

Na figura 37, percebemos que o aterramento é feito com o auxílio de uma barra também chamada de eletrodo de aterramento. O desenho de um eletrodo deste tipo é mostrado na figura 38. Lembrando que, os eletrodos de aterramento devem estar de acordo com os padrões que são adotados pelas companhias elétricas.

Figura 38 - Desenho de eletrodo de aterramento

**ATENÇÃO!**

Você sabia que todas as tomadas de sua residência devem ser aterradas? Isso evita, como já vimos, o risco de choque elétrico.

## Curiosidade

Você já levou um choque ao tocar nas partes metálicas do seu computador? Sabe por quê? Algum fio desencapado está topando nas partes metálicas do seu computador, isso faz com os elétrons se acumulem nestes locais. Ao tocar o computador, os elétrons vão para a terra através do seu corpo.

## Recordando

Neste capítulo, falamos sobre a definição de choque elétrico, além de suas causas e efeitos.
Além disso, você estudou também a importância do aterramento elétrico e como ele é feito basicamente.

### 9.3 - EXERCÍCIOS PROPOSTOS

1) Cite quatro efeitos de um choque elétrico sofrido por um ser humano.

_____
_____
_____

2) Qual a importância do aterramento elétrico?

_____
_____
_____

## 10 - MAGNETISMO

O magnetismo é a propriedade de atração ou repulsão associada a determinados materiais. Um deles pode ser encontrado na natureza na forma de minerais, assim como a magnetita, cuja foto é mostrada na figura 39.

Figura 39 - Magnetita

> Essa propriedade pode também ser produzida artificialmente. Uma barra de aço não é capaz de atrair limalha de ferro. Entretanto, se a aproximarmos de um pedaço de magnetita (ou, melhor ainda, se as colocarmos em contato), ela adquirirá a propriedade de atrair a limalha, especialmente nas proximidades de seus extremos (AMALDI, 1997, p. 335).

Neste caso, dizemos que a barra de aço foi magnetizada e se tornou um ímã artificial. Os extremos de um ímã são chamados polos (AMALDI, 1997, p. 335).

Os polos de um ímã são chamados de norte e sul. Se você tentar aproximar os polos norte ou sul de dois ímãs, perceberá que eles sofrerão uma repulsão, ou seja, uma força chamada de magnética, que faz os ímãs se repelir. Entretanto, se tentar aproximar o polo norte de um ímã ao polo sul de outro ímã, perceberá que eles se aproximarão. Isso nos mostra que os polos iguais se repelem e os opostos se atraem.

### Curiosidade

Você sabia que o trem bala utiliza levitação no lugar dos trilhos? A repulsão magnética é que mantem o trem levitando, conforme a figura 40.

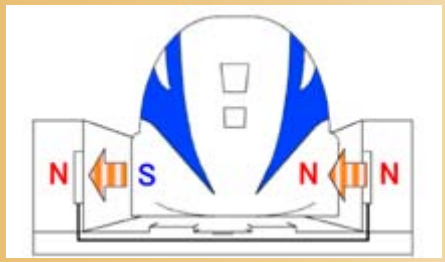



Figura 40 - Trem levitando

## 10.1 - LINHAS DE CAMPO MAGNÉTICO

Campo magnético é uma região onde ocorre a ação da força magnética. A existência desse campo pode ser observada mediante as linhas de campo, conforme observado na figura 41. Esta figura mostra o que acontece quando colocamos um ímã próximo das limalhas de ferro. Podemos percebe que as limalhas tendem a se orientar de acordo com o campo magnético do ímã e seguindo as linhas de campo, cujo sentido é do polo norte para o polo sul.

Figura 41 - Ação das linhas de campo magnético

## 10.2 - RELAÇÃO ENTRE MAGNETISMO E CORRENTE ELÉTRICA

> Em 1820, o físico dinamarquês Hans Oersted (1777-1851) descobriu uma relação inesperada entre fenômenos elétricos e magnéticos. Oersted construiu um circuito, ligando uma bateria a um fio condutor bem esticado, dispondo na direção norte-sul magnética. Sob o fio, instalou uma agulha magnética, que, por ação do campo magnético terrestre, ficava orientada nessa mesma direção (AMAULDI, 1997 p. 340).

Tal fato é mostrado na figura 42.

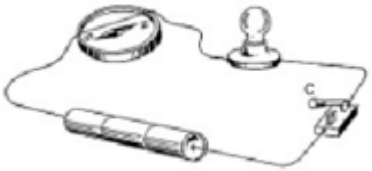


Figura 42 - Experimento de Oersted: bússola orientada segundo campo magnético terrestre

> No entanto, ao fechar o circuito, ele observou que a agulha magnética sofreria um desvio. Quando a corrente ficava intensa, a agulha chegava a ficar perpendicular ao fio. Abrindo o circuito, a agulha tornava a se orientar ao longo do campo magnético terrestre, após efetuar algumas oscilações (AMAULDI, 1997 p. 340).

A figura 43 mostra o circuito com a bússola se orientando segundo o campo magnético gerado pelo fio condutor.

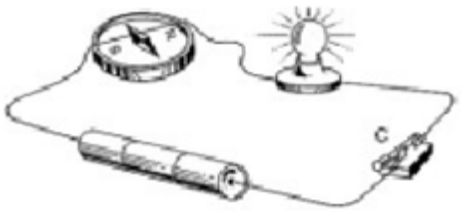


Figura 43 - Experimento de Oersted: bússola se orientando segundo o campo magnético gerado pelo fio condutor

O experimento de Oersted possibilitou a geração de energia elétrica, provando que existe uma relação muito estreita entre magnetismo e eletricidade. Esta relação também possibilitou o surgimento dos cartões de crédito, disco rígido de computador e diversos outros dispositivos.

## Curiosidade

Você sabia que o disco rígido de um computador funciona graças ao magnetismo? As informações digitais ficam gravadas em uma mídia que gira em alta velocidade, mas a cabeça de leitura se movimenta segundo forças magnéticas obtidas por fortes ímãs. A figura 44 mostra um disco rígido aberto.

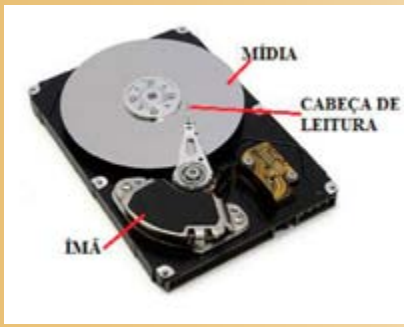



Figura 44 - Disco rígido de computador

## Recordando

Neste capítulo, falamos sobre a definição de magnetismo e suas propriedades. Você viu o comportamento das linhas de campo.

Além disso, você estudou também a relação entre magnetismo e corrente elétrica, e as suas aplicações.

### 10.3 - EXERCÍCIOS PROPOSTOS

1) Defina magnetismo.

_____
_____
_____

2) O que acontece ao aproximar uma bússola de fio condutor pelo que está passando uma corrente elétrica?

_____
_____
_____

## 11 – INSTRUMENTOS DE MEDIDA

Os instrumentos de medidas elétricas podem ser classificados quanto à grandeza elétrica a ser medida, tais como: amperímetro (corrente elétrica), voltímetro (tensão elétrica), ohmímetro (resistência elétrica), wattímetro (potência ativa), varímetro (potência reativa), capacímetro (capacitância). Estes instrumentos, em sua maioria, possuem especificações para operarem em corrente contínua ou em corrente alternada.

Eles também podem ser classificados quanto à apresentação dos resultados, ou seja, analógicos ou digitais. Nos analógicos, a leitura é feita por meio de um ponteiro movimentando-se sobre uma escala, conforme a figura 45 a. Enquanto que nos digitais, a leitura é feita de forma alfanumérica num display, conforme figura 45b.

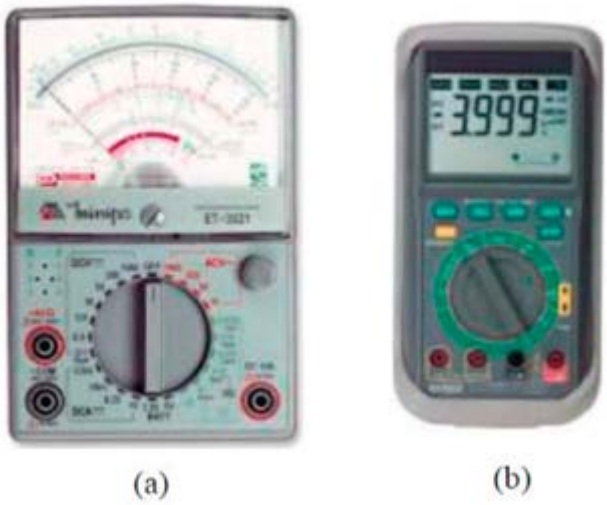



Figura 45 - Multímetros analógico (a) e digital (b)

O multímetro é um instrumento de medida elétrica que permite medir todas ou quase todas as grandezas elétricas. A maioria dos multímetros mede tensão contínua, tensão alternada, corrente contínua e resistência.

## 11.1 - CARACTERÍSTICAS

> Os instrumentos analógicos baseiam sua operação em algum tipo de fenômeno eletromagnético ou eletrostático, como a ação de um campo magnético sobre uma espira percorrida por corrente elétrica ou a repulsão entre duas superfícies carregadas com cargas elétricas de mesmo sinal. São, portanto, sensíveis a campos elétricos ou magnéticos externos, de modo que muitas vezes é necessário blindá-los contra tais campos (Medidas elétricas, out. 2011).

A escala é um elemento importante nos instrumentos analógicos, já que é sobre ela que são feitas as leituras. Entre suas muitas características podem-se ressaltar as seguintes (Medidas elétricas, out. 2011):

- **Fundo de escala 3 ou calibre:** o máximo valor que determinado instrumento é capaz de medir sem correr o risco de danos.
- **Linearidade:** característica que diz respeito à maneira como a escala é dividida. Quando a valores iguais correspondem divisões iguais, diz-se que a escala é linear

(ou homogênea), como aquelas mostradas na Figura 46; caso contrário, a escala é chamada de não linear (heterogênea), como a que aparece acima do espelho da Figura 46.

- **Posição do zero:** a posição de repouso do ponteiro, quando o instrumento não está efetuando medidas (zero) pode variar muito: zero à esquerda, zero à direita, zero central, zero deslocado ou zero suprimido (aquela que inicia com valor maior que zero). Na Figura 40 são mostrados alguns tipos de escalas que se diferenciam quanto à posição do zero.
- **Correção do efeito de paralaxe:** muitos instrumentos possuem um espelho logo abaixo da escala graduada, como mostrado na Figura 47; neste caso, a medida deverá ser feita quando a posição do observador é tal que o ponteiro e sua imagem no espelho coincidam.

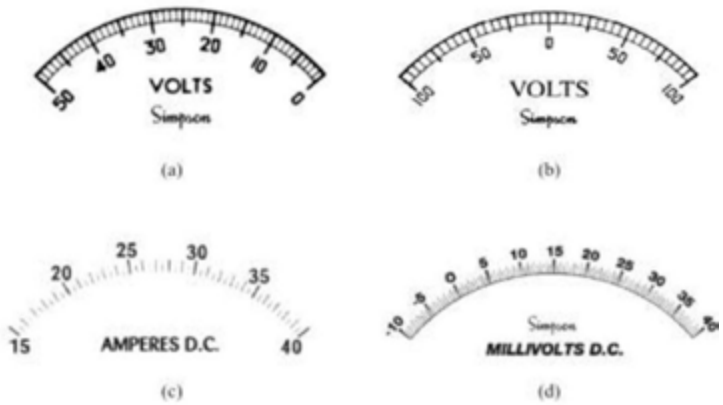



Figura 46 - Classificação de escalas de acordo com a posição do zero: (a) zero à direita; (b) zero central; (c) zero suprimido; (d) zero deslocado.

Figura 47 - Espelho para correção do erro de paralaxe.

## 11.2 - MEDIÇÃO

Quando o multímetro estiver na função de amperímetro, ele passa a ter resistência zero para não interferir na resistência do circuito o qual está medindo. Esta é uma condição ideal.

A figura 48 mostra como se deve medir corrente elétrica e o seu respectivo esquema.

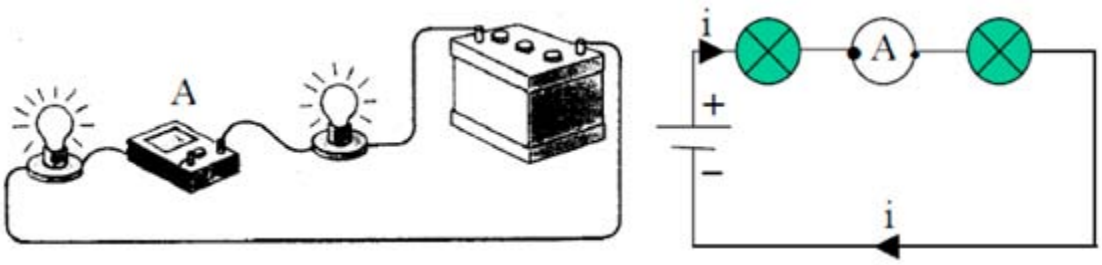



Figura 48 - Medição de corrente elétrica e seu respectivo esquema

Instalando em série com um trecho do circuito onde se deseja medir a intensidade da corrente, o valor máximo que o amperímetro pode registrar é denominado fundo de escala. Quando a corrente elétrica que atravessa o circuito é superior ao fundo de escala, pode-se associar em paralelo ao multímetro uma resistência elétrica denominada shunt, que em inglês significa desvio (Apostila de eletricidade básica, out. 2011).

Tal procedimento pode ser observado na figura 49.

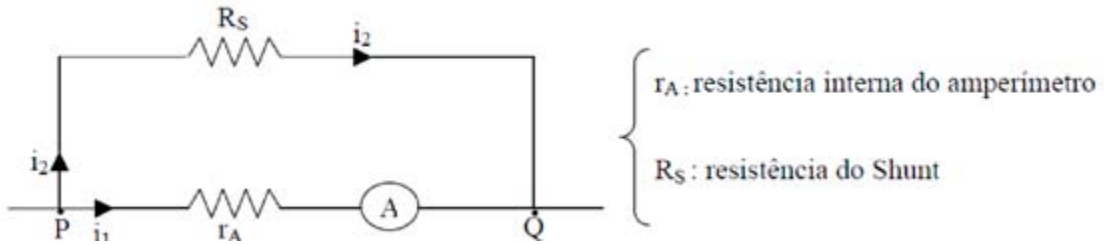



Figura 49 - Utilização do shunt

Existem casos em que há a necessidade de se medir a corrente, mas para tal você terá que interromper o circuito. Isso não é mais necessário, pois existe o amperímetro-alicate (figura 50), capaz de medir a corrente por meio do campo magnético no fio.

Figura 50 - Amperímetro-alicate

**CUIDADO!**

Quando você for medir corrente elétrica, lembre-se de colocar o multímetro em série com o circuito.

No entanto, quando você for medir tensão elétrica, deve colocar a chave seletora do multímetro na posição volt e ligá-lo em paralelo com o circuito, conforme a figura 51. Neste caso, a resistência do multímetro pode ser considerada infinita em comparação com a resistência do circuito.

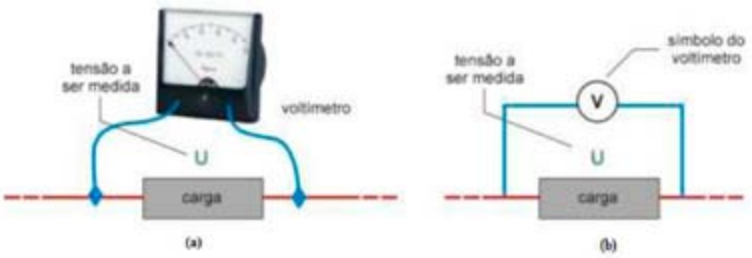



Figura 51 - Medida de tensão elétrica: (a) conexão do instrumento e (b) esquema de ligação

**CUIDADO!**

Quando você for medir tensão elétrica, lembre-se de colocar o multímetro em paralelo com o circuito.

## Recordando

Neste capítulo, falamos sobre os instrumentos de medida elétrica.

Você viu as características do multímetro e que ele pode ser encontrado na forma analógica e digital.

Além disso, você estudou também se deve medir tensão e corrente com o auxílio do multímetro.

### 11.3 - EXERCÍCIOS PROPOSTOS

1) Quais são as características de um multímetro?

_____
_____
_____

2) Qual a diferença entre medir tensão e corrente?

_____
_____
_____

## 12 – FERRAMENTAS

### 12.1 - SOLDADOR

O soldador é uma das ferramentas essenciais na manutenção dos equipamentos eletrônicos. Esta ferramenta fornece o calor necessário para efetuar a junção entre dois terminais e fios. O soldador, também chamado de ferro de solda, possui os seguintes elementos:

- Cabo
- Resistência interna
- Ponta de soldar

O cabo serve para manusear o soldador. A resistência interna aquece para que a solda possa ser realizada e a ponta de soldar para fornecer calor ao local da solda. A figura 52 apresenta um ferro de solda e seus elementos.

Figura 52 - Ferro de solda

Além do soldador, você deve ter um soprador térmico de solda e um sugador manual de solda, cujas fotos são mostradas na figura 53.

Figura 53 - Outras ferramentas utilizadas na soldagem

Estas são algumas das ferramentas utilizadas na soldagem, existem outras, mas o seu manuseio depende do tipo de aparelho. Portanto, é bom consultar os fabricantes.

### 12.1.1 - TÉCNICAS DE SOLDAGEM

> Numa boa soldagem os pontos a serem soldados precisam ser aquecidos à temperatura de fusão da solda. Isso quer dizer que a solda enquanto está sendo aplicada deve derreter-se, não somente em contato com o ferro de solda, mas também em contato com os terminais das peças a serem soldadas (Estrutura eletrônica, out. 2011).

Para execução de uma boa soldagem devemos primeiramente colocar o soldador em contato com o local a ser soldado para aquecê-lo. Em seguida, encoste o fio de solda no local da solda e não no ferro. Por último, quando a solda derretida cair no local, retire o ferro de soldar e a solda. Este procedimento não pode demorar muito, pois pode acabar danificando a placa ou os componentes que estiverem próximos do soldador devido ao aquecimento.

Para dessoldar um componente, utilize um sugador de solda. Aqueça o local a ser retirado o componente, encoste a ponta do sugador e solte a trava (Estrutura eletrônica, out. 2011). O sugador de solda apresenta uma trava que você aciona antes de efetuar o procedimento.

## 12.2 - FERRAMENTAS DE APERTO E DESAPERTO

Em manutenção de equipamentos eletrônicos, é comum se usar ferramentas de aperto e desaperto em parafusos e porcas. Apresentaremos algumas chaves mais utilizadas.

### 12.2.1 - CHAVE FIXA

> A chave fixa, também conhecida pelo nome de chave de boca fixa, é utilizada para apertar ou afrouxar porcas e parafusos de perfil quadrado ou sextavado. Pode apresentar uma ou duas bocas com medidas expressas em milímetros ou polegadas. As figuras a seguir mostram uma chave fixa com uma boca e uma chave fixa com duas bocas (Uso de ferramentas, out. 2011).

A figura 54 mostra dois tipos de chave fixa.

Figura 54 - Dois tipos de chave fixa

### 12.2.2 - CHAVE ALLEN

> A chave Allen, também conhecida pelo nome de chave hexagonal ou sextavada, é utilizada para fixar ou soltar parafusos com sextavados internos. O tipo de chave Allen mais conhecido apresenta o perfil do corpo em L, o que possibilita o efeito de alavanca durante o aperto ou desaperto de parafusos. Antes de usar uma chave Allen, deve-se verificar se o sextavado interno do parafuso encontra-se isento de tinta ou sujeira. Tinta e sujeira impedem o encaixe perfeito da chave e podem causar acidentes em quem estiver manuseando (Uso de ferramentas, out. 2011).

A figura 55 mostra um tipo de chave Allen.

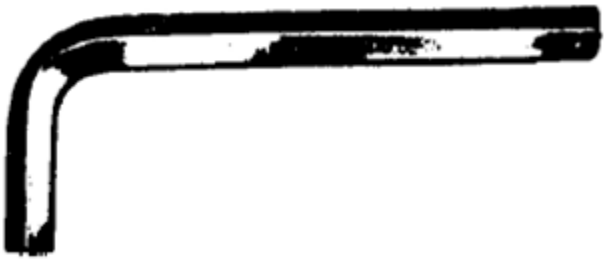


Figura 55 - Chave allen

### 12.2.3 - CHAVE DE FENDA PHILLIPS

A extremidade da haste, oposta ao cabo, nesse modelo de chave, tem a forma em cruz. Esse formato é ideal para os parafusos Phillips que apresentam fendas cruzadas (Uso de ferramentas, out. 2011).

A figura 56 mostra uma chave deste tipo.

Figura 56 - Chave de fenda Phillips

### 12.2.4 - CHAVE DE FENDA COM SEXTAVADO

É uma ferramenta utilizada em mecânica para apertar e soltar parafusos grandes quando se exige o emprego de muita força. Com o sextavado na haste, o operador pode, usando uma chave de boca fixa, aumentar o torque da ferramenta sem precisar de maior esforço. Esse modelo também é encontrado com a fenda cruzada (modelo Phillips) (Uso de ferramentas, out. 2011).

Este tipo de chave é apresentado na figura 57.

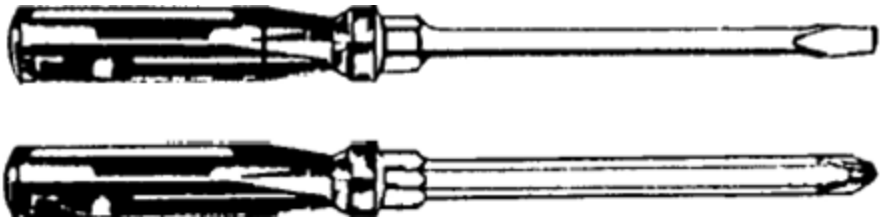


Figura 57 - Chave de fenda com sextavado

## 12.3 - EXERCÍCIOS PROPOSTOS

1) Cite os elementos que constituem o soldador e descreva a funcionalidade de cada um.

_____
_____
_____

2) O que é chave de fenda com sextavado e para serve?

_____
_____
_____

# Respostas - Exercícios

## Capítulo 1

**1) Qual partícula pode se mover no átomo?**

R - Elétron

**2) Marque verdadeiro ou falso.**

**( ) O núcleo do átomo é composto somente de elétrons.**
**( ) Os prótons podem sair do átomo**
**( ) As cargas de sinais contrários se atraem.**
**( ) Somente haverá campo eletrostático se os corpos estiverem carregados.**

R - F, F, V, V

## Capítulo 2

**1) Defina campo eletrostático?**

R - É o campo que gera a força elétrica.

**2) Qual a função do para-raios?**

R - Evitar que o relâmpago atinja os edifícios.

## Capítulo 3

**1) Defina corrente elétrica.**

R - É a quantidade de carga que passa em um fio condutor por unidade de tempo.

**2) O gerador de tensão elétrica transforma energia? Explique**.

R - Sim. Ele transforma um tipo de energia (potencial, química, nuclear) em energia elétrica.

## Capítulo 4

**1) Defina resistência elétrica**?

R - Resistência elétrica é a propriedade de se opor ao fluxo da corrente elétrica.

**2) O resistor pode esquentar? Explique.**

R - Sim. A sua resistência faz aumentar a sua temperatura.

## Capítulo 5

**1) Defina lei de Ohm.**

R - A lei de Ohm afirma que a tensão é igual ao produto da corrente pela resistência.

**2) As lâmpadas de um pisca-pisca de natal estão em série ou paralelo? Explique.**

R - Série. Ao desligarmos uma das lâmpadas, as demais apagam.

## Capítulo 6

**1) Os metais possuem estrutura cristalina? Explique.**

R - Sim. Os seus átomos encontram-se ordenados.

**2) Defina semicondutor.**

R - É o material que possui característica intermediária entre condutor e isolante.

## Capítulo 7

**1) Explique o funcionamento de um diodo?**

R - Os portadores podem se mover através da junção. Após a formação do diodo, alguns elétrons podem migrar para o anodo nas proximidades da junção. Ao encontrar as lacunas, ocorre a recombinação do par elétron-lacuna e, consequentemente, o aniquilamento dos portadores de carga majoritários na junção.

**2) Cite algumas funções dos transístores.**

R - Amplificar a intensidade da corrente elétrica, chavear circuitos eletrônicos, amplificar um sinal elétrico.

## Capítulo 8

**1) Cite uma diferença entre a rede monofásica e a bifásica?**

R - A rede monofásica consiste de um fio de fase e um neutro. Enquanto que a rede bifásica é composta de dois fios de fase e um neutro.

**2) Diferencie potência ativa da reativa**.

R - A potência ativa é aquela transformada em potência mecânica, térmica e luminosa e a potência reativa é aquela transformada em campo magnético.

## Capítulo 9

**1) Cite quatro efeitos de um choque elétrico sofrido por ser humano.**

R - Tetanização, parada respiratória, asfixia e fibrilação ventricular.

**2) Qual a importância do aterramento elétrico.**

R - Evitar choque elétrico.

## Capítulo 10

**1) Defina magnetismo?**

R - O magnetismo é a propriedade de atração ou repulsão associada a determinados materiais.

**2) O que acontece ao aproximar uma bússola de fio condutor pelo que está passando uma corrente elétrica?**

R - A bússola muda sua orientação.

## Capítulo 11

**1) Quais são as características de um multímetro?**

R - Mede diversas grandezas elétricas, pode ser digital ou analógico e apresenta uma chave seletora.

**2) Qual a diferença entre medir tensão e corrente?**

R - Para medir tensão, o multímetro deve estar em paralelo. Para medir corrente, o amperímetro deve estar em série.

## Capítulo 12

**1) Cite os elementos que constituem o soldador e descreva a funcionalidade de cada um.**

R - Fornece o calor necessário para efetuar a junção entre dois terminais e fios.

**2) O que é chave de fenda com sextavado e para serve?**

R - É uma ferramenta utilizada em mecânica para apertar e soltar parafusos grandes quando se exige o emprego de muita força.

# Referências


AMALDI, **Hugo. Imagens da Física**. São Paulo: 1997. p. 320-345.

_____. **Aterramento elétrico**. Disponível em: http://py2mok.tripod.com/arquivos-pdf--py2mok-leo/aterramento1.pdf. Acesso em: 18 out. 2011.

_____. **Aterramento elétrico.** Disponível em: http://files.comunidades.net/engenhariaecia/manual_sobre_aterramento.pdf. Acesso em: 18 out. 2011.

_____. **Apostila de eletricidade básica.** Disponível em: http://www.fatecmm.edu.br/sistema/file/doc/EletricidadeCefet.pdf. Acesso em: 19 out. 2011.

_____. **Campo elétrico**. Disponível em: http://www.portalsaofrancisco.com.br/alfa/isolantes-eletricos/campo-eletrico.php . Acesso em: 19 out. 2011.

_____. **Campo magnético.** Disponível em: http://fuches.wordpress.com/2009/02/14/sol-parte-v/. Acesso em: 19 out. 2011.

_____. **Capacitor.** Disponível em: http://www.eletronica.org/arq_apostilas/2/Capacitor.pdf. Acesso em: 14 out. 2011.

_____. **Configuração eletrônica**. Disponível em: http://www.mundovestibular.com.br/articles/506/1/CONFIGURACAO-ELETRONICA-/Paacutegina1.html. Acesso em: 14 out. 2011.

_____. **Dispositivos semicondutores**: diodos. Disponível em: http://www.demar.eel.usp.br/eletronica/aulas/Diodos.pdf. Acesso em: 15 out. 2011.

_____. **Estrutura atômica**. Disponível em: http://www.passeiweb.com/na_ponta_lingua/sala_de_aula/quimica/atomistica/constituicao_da_materia/1_const_mat_estrutura_atomica. Acesso em: 16 out. 2011.

_____. Eletricidade e eletrônica. Disponível em: http://www.cefetrn.br/~fcsjunior/Aula19%20-%20Transistores%20Bipolares%20-%20Construcao%20e%20Funcionamento.pdf. Acesso em: 16 out. 2011.

_____. **Estrutura eletrônica**. Disponível em: http://www.eletrodomesticosforum.com/cursos/eletricidade_eletronica/curso_eletronica_1.pdf. Acesso em: 19 out. 2011.

_____. **Física, química y biologia**. Disponível em: http://calasanz-lsv.blogspot.com/. Acesso em: 19 out. 2011.

GUSSOW, Milton. **Eletricidade Básica**. São Paulo. Pearson Makron Books. 2 ed. 1997. P. 50.

_____. **Instalações elétricas** - fios. Disponível em: http://xa.yimg.com/kq/groups/21784460/1339047466/name/INSTALA%C3%87%C3%95ES+EL%C3%89TRICAS.pdf. Acesso em: 17 out. 2011.

_____. **Instituto de Física da USP**. Disponível em: http://efisica.if.usp.br/eletricidade/basico/carga/raio_relampago/. Acesso em: 19 out. 2011.

MORENO, Hilton. **Instalações Elétricas Residenciais**. São Paulo: Elektro/Pirelli. Jun. 2003. p. 09-11.

_____. **Maglev**. Disponível em: http://en.wikipedia.org/wiki/File:JR_Maglev-Guide.png. Acesso em: 18 out. 2011.

SILVA, Bruna D. **Resíduos Eletroeletrônicos no Brasil**. 2007 Disponível em: http://lixo-eletronico.org/system/files/lixoeletronico_02.pdf. Acesso em: 16 out. 2011.

_____. **Magnetismo**. Disponível em: http://pt.wikipedia.org/wiki/Magnetismo. Acesso em: 19 out. 2011.

_____. **Magnetita.** Disponível em: http://www.dicionario.pro.br/dicionario/index.php?title=Magnetita. Acesso em: 18 out. 2011.

_____. **Medidas elétricas.** Disponível em: http://minerva.ufpel.edu.br/~egcneves/biblioteca/caderno_elet/cap_06.pdf. Acesso em: 19 out. 2011.

MENDES, Filomena. **Eletricidade Básica**. Cuiabá. EdUFMT. 2010. P. 16.

MORA, Nora Diaz. **Apostila de Materiais Elétricos**. Foz do Iguaçu: LAMAT. 2010. p. 07-09.

PASCOALI, Suzy. **Tecnologia dos Materiais** I. Santa Catarina. CEFET, 2008. p. 06.

_____. **Princípios da tensão alternada**. p. 1 Disponível em: http://alibaba.dei.uminho.pt/~gminas/MaterialAulas/TP3_2%20TextoApoio.pdf. Acesso em: 15 out. 2011.

SERRALHEIRO, Werther. **Eletricidade**. Santa Catarina. CEFET. Disponível em: ftp://ftp.cefetes.br/Cursos/Eletrotecnica/Pandolfi/Eletroeletr%F4nica%20Aplicada/Apostila%20Eletricidade%20Basica.pdf. Acesso em: 16 out. 2011.

_____. **Sistemas prediais** 2. Disponível em: http://www.suzuki.arq.br/unidadeweb/sistemas2/aula2/aula2.htm. Acesso em: 19 out. 2011.

_____. **Uso de ferramentas**. Disponível em: http://www.essel.com.br/cursos/material/01/Manutencao/14manu.pdf. Acesso em: 19 out. 2011.

VIANA, Maurício José. et al. **Instalações em canteiros de obras**. São Paulo: Fundacentro. 2007. p. 10-13.

_____. **Visão digital**. Disponível em: http://visaodigital.org/?p=300. Acesso em: 19 out. 2011.

alfamacursos.com.br